



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“DESARROLLO DE UN MANUAL DE OPERACIONES BÁSICAS DEL CENTRO DE MECANIZADO VERTICAL CNC VMC 800 BRIDGEPORT DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”

TORRES GUERRA GALO PAUL

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2016

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-04-29

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

TORRES GUERRA GALO PAUL

Titulado:

**“DESARROLLO DE UN MANUAL DE OPERACIONES BÁSICAS DEL
CENTRO DE MECANIZADO VERTICAL CNC VMC 800 BRIDGEPORT DE
LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Ángel Guamán Mendoza
DIRECTOR

Ing. Carlos Álvarez Pacheco
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: TORRES GUERRA GALO PAUL

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DESARROLLO DE UN MANUAL DE OPERACIONES BÁSICAS DEL CENTRO DE MECANIZADO VERTICAL CNC VMC 800 BRIDGEPORT DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2016-11-10

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Almendariz Puente PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Ángel Guamán Mendoza DIRECTOR			
Ing. Carlos Álvarez Pacheco ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Almendariz Puente
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Torres Guerra Galo Paul

Cedula de Identidad: 180421067-0

DEDICATORIA

A mis padres Galo Torres y Cecilia Guerra por haberme apoyado en cada instante, por sus consejos, su ejemplo de perseverancia y responsabilidad, su ayuda económica, su amor infinito y por creer que lograría este objetivo.

A mi esposa Lady Lozano por su amor, comprensión, paciencia, por caminar conmigo hasta este momento a pesar de las adversidades.

A mis hijos Alejandro Torres y Matías Torres, por ser la razón por la que me levanto cada mañana, el motor de mi vida, los que con una sonrisa liberan mi mente de todos los problemas, porque con su llegada aprendí recién a ser un buen hijo.

Mis hermanos Silvia, Francisco, Antonio, Gabriel por estar conmigo y apoyarme siempre.

Por todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

Galo Paul Torres Guerra

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño y confianza para ver culminada una meta más de la vida

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de obtener una profesión, y ser una persona útil a la sociedad.

Agradezco al Ing. Ángel Guamán e Ing. Carlos Álvarez, por brindarme su amistad y asesoramiento de la tesis, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia contribuyeron para elaborar el presente documento.

Galo Paul Torres Guerra

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Justificación	5
1.3.1 <i>Justificación teórica</i>	5
1.3.2 <i>Justificación metodológica</i>	7
1.3.3 <i>Justificación práctica</i>	8
1.4 Objetivos.....	9
1.4.1 <i>Objetivo general.</i>	9
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	9
1.5 Planteamiento de la hipótesis	9
1.5.1 <i>Determinación de variables</i>	9
1.5.1.1 <i>Variable independiente. Manual de operaciones básicas.</i>	10
1.5.1.2 <i>Variable dependiente</i>	10
1.5.2 <i>Operacionalización conceptual</i>	10
1.5.3 <i>Operacionalización metodológica</i>	10
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Manual de operaciones	11
2.2 Centro de Mecanizado	11
2.2.1 <i>Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT.</i>	12
2.2.2 <i>CAD/CAM</i>	13
2.2.3 <i>Sistema CAD</i>	14
2.2.4 <i>Sistema CAM.</i>	16
2.2.5 <i>Aplicaciones del CAD/CAM.</i>	17
2.2.6 <i>Control Numérico.</i>	17
2.2.7 <i>Códigos M</i>	20
2.2.8 <i>Códigos G</i>	20

3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.1	Modalidad de la investigación	21
3.1.1	<i>Bibliográfica.</i>	21
3.1.2	<i>De campo.</i>	21
3.2	Métodos	21
3.3	Técnicas	23
3.3.1	<i>Entrevista.</i>	23
3.3.2	<i>Observación</i>	23

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Manual de Operaciones Básicas del Centro de Mecanizado VMC 800 Bridgeport	25
4.1.1	<i>Guía Práctica No.1</i>	27
4.1.2	<i>Tema.</i>	27
4.1.3	<i>Equipo Técnico</i>	27
4.1.4	<i>Objetivo General.</i>	27
4.1.5	<i>Objetivos Específicos</i>	27
4.1.6	<i>Instrumentos y equipos</i>	27
4.1.7	<i>Normas de seguridad.</i>	28
4.1.8	<i>Consideraciones Teóricas.</i>	32
4.1.9	<i>Procedimiento</i>	34
4.1.10	<i>Informe de la práctica.</i>	42
4.2	Guía Práctica No.2	44
4.2.1	<i>Tema.</i>	44
4.2.2	<i>Equipo Técnico</i>	44
4.2.3	<i>Objetivo General.</i>	44
4.2.4	<i>Objetivos Específicos</i>	44
4.2.5	<i>Instrumentos y equipos</i>	45
4.2.6	<i>Normas de seguridad.</i>	46
4.2.7	<i>Consideraciones Teóricas</i>	46
4.13.1	<i>Procedimiento</i>	60
4.13.2	<i>Realización de la práctica.</i>	71
4.13.3	<i>Informe de la práctica.</i>	71

4.14	Guía Práctica No.3.....	74
4.14.1	<i>Tema. Programación en códigos “G”</i>	74
4.14.2	<i>Objetivo General..</i>	74
4.14.3	<i>Equipo Técnico</i>	74
4.14.4	<i>Objetivos Específicos.....</i>	74
4.14.5	<i>Instrumentos y equipos</i>	75
4.14.6	<i>Normas de seguridad.....</i>	76
4.14.7	<i>Consideraciones Teóricas</i>	76
4.14.8	<i>Ejercicios de cálculo</i>	86
4.14.9	<i>Procedimiento.....</i>	89
4.14.10	<i>Informe de la práctica</i>	90
4.15	Guía Práctica No.4.....	93
4.15.1	<i>Tema. Delineado de letras.</i>	93
4.15.2	<i>Equipo Técnico</i>	93
4.15.3	<i>Objetivo General..</i>	93
4.15.4	<i>Objetivos Específicos.....</i>	93
4.15.5	<i>Método</i>	93
4.15.6	<i>Instrumentos y equipos</i>	94
4.15.7	<i>Normas de seguridad.....</i>	95
4.15.8	<i>Consideraciones Teóricas</i>	95
4.15.9	<i>Procedimiento.....</i>	96
4.15.10	<i>Ejemplo de aplicación</i>	97
4.15.11	<i>Informe de la práctica</i>	105
4.16	Guía Práctica No.5.....	108
4.16.1	<i>Tema: Mecanizado de superficies.</i>	108
4.16.2	<i>Equipo Técnico</i>	108
4.16.3	<i>Objetivo General..</i>	108
4.16.4	<i>Objetivos Específicos.....</i>	108
4.16.5	<i>Método</i>	108
4.16.6	<i>Instrumentos y equipos</i>	109
4.16.7	<i>Normas de seguridad.....</i>	110
4.16.8	<i>Consideraciones Teóricas</i>	110
4.16.9	<i>Procedimiento.....</i>	111

4.16.10	<i>Ejemplo de aplicación</i>	112
3.1.3.1	<i>Informe de la práctica</i>	121
4.17	Guía Práctica No.6.....	123
4.17.1	<i>Tema: Mecanizado de contornos.</i>	123
4.17.2	<i>Equipo Técnico</i>	123
4.17.3	<i>Objetivo General.</i>	123
4.17.4	<i>Objetivos Específicos</i>	123
4.17.5	<i>Método</i>	123
4.17.6	<i>Instrumentos y equipos</i>	124
4.17.7	<i>Normas de seguridad</i>	125
4.17.8	<i>Consideraciones Teóricas</i>	125
4.17.9	<i>Procedimiento</i>	125
4.17.10	<i>Ejemplo de aplicación</i>	126
4.17.11	<i>Informe de la práctica</i>	136
4.18	Guía Práctica No.7.....	138
4.18.1	<i>Tema. Mecanizado circular.</i>	138
4.18.2	<i>Equipo Técnico</i>	138
4.18.3	<i>Objetivo General.</i>	138
4.18.4	<i>Objetivos Específicos</i>	138
4.18.5	<i>Método</i>	138
4.18.6	<i>Instrumentos y equipos</i>	139
4.18.7	<i>Normas de seguridad</i>	140
4.18.8	<i>Consideraciones Teóricas</i>	140
4.18.9	<i>Procedimiento</i>	141
4.18.10	<i>Ejemplo de aplicación</i>	142
4.18.11	<i>Informe de la práctica</i>	152
4.19	Guía Práctica No.8.....	154
4.19.1	<i>Tema. Taladrado.</i>	154
4.19.2	<i>Equipo Técnico</i>	154
4.19.3	<i>Objetivo General.</i>	154
4.19.4	<i>Objetivos Específicos</i>	154
4.19.5	<i>Método</i>	154
4.19.6	<i>Instrumentos y equipos</i>	155

4.19.7	<i>Normas de seguridad</i>	156
4.19.8	<i>Consideraciones Teóricas</i>	156
4.19.9	<i>Procedimiento</i>	157
4.19.10	<i>Ejemplo de aplicación</i>	157
4.19.11	<i>Informe de la práctica</i>	167
4.20	Guía Práctica No.9.....	169
4.20.1	<i>Tema. Mecanizado complejo.</i>	169
4.20.2	<i>Equipo Técnico</i>	169
4.20.3	<i>Objetivo General.</i>	169
4.20.4	<i>Objetivos Específicos</i>	169
4.20.5	<i>Método</i>	169
4.20.6	<i>Instrumentos y equipos</i>	170
4.20.7	<i>Normas de seguridad</i>	171
4.20.8	<i>Consideraciones Teóricas</i>	171
4.20.9	<i>Procedimiento</i>	171
4.20.10	<i>Ejemplo de aplicación</i>	172
4.20.11	<i>Informe de la práctica</i>	180

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	181
5.2	Recomendaciones	181

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1. Operacionalización conceptual.	10
2. Operacionalización metodológica.	10
3. Letras para las funciones programables de las máquinas de NC.	19
4. Criterios para valoración de los resultados obtenidos.	24
5. Símbolos empleados para los controles principales.	34
6. Funciones del tablero de control.	36
7. Información general del centro de mecanizado.	39
8. Características técnicas del centro de mecanizado.	39
9. Partes principales del Centro de Mecanizado VMC 800 BRIDGEPORT.	40
10. Partes principales del Centro de Mecanizado VMC 800 BRIDGEPORT.	47
11. Tipos de herramientas de fresado según la velocidad de corte y avance. .	51
12. Partes principales del panel de control VMC 800 BRIDGEPORT.	61
13. Códigos G. Instrucciones de movimiento de las funciones preparatorias.	79
14. Códigos G. Instrucciones de movimiento de las funciones misceláneas. .	82

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT	13
2. Diseño de un modelo geométrico en el software Siemens NX 10.....	15
3. Panorámica del Centro de Mecanizado CNC VMC 800 BRIDGEPORT	33
4. División del teclado. Centro de Mecanizado VMC 800 BRIDGEPORT.....	35
5. Partes principales del Centro de Mecanizado VMC 800 BRIDGEPORT.....	40
6. Esquema del montaje directo.	52
7. Esquema del montaje mediante pinzas.	53
8. Esquema de la sujeción de la herramienta.	53
9. Eje portafresa largo.	54
10. Eje portafresa corto para fresas con agujeros liso.....	55
11. Eje portafresa corto para fresas con agujeros roscado.	56
12. Eje portafresa corto para fresas con espiga cónica.	56
13. Eje portafresa corto para fresas con espiga cilíndrica.....	56
14. Mordazas para sujeción de las piezas.	57
15. Platos para sujeción de las piezas.	57
16. Sistema de sujeción modal de las piezas.	58
17. Identificación de la longitud de la herramienta por parte del control.....	60
18. Letras empleadas para la programación CNC y su significado.	77
19. Ejes de movimiento rectilíneo en un centro de mecanizado CNC.	83
20. Programación en cotas absolutas.	84
21. Programación en cotas absolutas.	84
22. Programación en coordenadas polares.....	85
23. Herramienta empleada para realizar el delineado.....	96
24. Mecanizado circular.....	141

SIMBOLOGÍA

D	Diámetro de la herramienta (mm).
f_z	Avance por diente (mm/diente).
n	Velocidad de rotación de la herramienta en (rpm).
V_c	Velocidad de corte (m/min).
V_s	Velocidad de avance (mm/min).
z	Número de dientes de la fresa.

LISTA DE ABREVIACIONES

CAD	Diseño asistido por computador.
CAE	Ingeniería asistida por computador.
CAM	Manufactura asistida por computador.
CNC	Control numérico computarizado.
EIA	Asociación de Industrias Electrónicas (Electronic Industries Association).
CW	Sentido de giro horario o de las agujas del reloj (Clockwise)
CCW	Sentido de giro anti-horario o contrario a agujas del reloj (Counterclockwise)
HSS	Acero de alta velocidad (High Speed Steel)
ISO	Organización de Estándares Internacionales (International Standard Organization).
VMC	Centro de mecanizado vertical (Vertical Machining Center).

LISTA DE ANEXOS

- A** Herramientas de corte para fresado. Fresas para planear y ranurar
- B** Herramientas de corte para el taladrado. Brocas, términos y dimensiones
- C** Tabla de cálculos para trabajos de fresado
- D** Tablas de selección de velocidad de corte para procesos de mecanizado
- E** Tablas de selección de velocidad de avance para fresado con herramienta de HSS
- F** Tablas de selección de velocidad de corte y avance para fresado con Widia
- G** Tabla de selección de velocidad de avance para desbaste en fresado
- H** Tablas de selección de velocidad de avance para diferentes operaciones de fresado
- I** Tablas de selección de velocidad de avance para operaciones de taladrado
- J** Cálculos para trabajos de taladrado y escariado con herramientas de acero rápido
- K** Planos

RESUMEN

El presente trabajo consiste en la elaboración de un manual de operaciones básicas para el centro de mecanizado vertical CNC VMC 800 Bridgeport de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH. El objetivo principal del proyecto es la elaboración de guías para la ejecución de procesos de mecanizado en piezas, utilizando el mencionado centro de mecanizado y bajo el diseño y programación CNC en el software Siemens NX 10.

Se pretende contribuir favorablemente en la formación académico profesional de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, a través de la vinculación de la teoría con la práctica correspondiente a la asignatura de CAD/CAM, tomando en cuenta la importancia de esta área del conocimiento tecnológico, que cada día tiene un mayor incremento, debido a las ventajas que ofrece en relación a los procesos de mecanizado convencionales.

Las prácticas propuestas se dirigen a orientar y capacitar a los estudiantes en la operación del centro de mecanizado, partiendo desde el nivel básico que conlleva la identificación de las partes principales, especificaciones técnicas y seguridades del Centro de Mecanizado Vertical hasta la realización de mecanizado complejos.

En cada una de las guías se establecen ejemplos que permiten que los estudiantes cuenten con el procedimiento a seguir para la obtención de las piezas deseadas y se complementan con información teórica y normas de seguridad para precautelar su integridad física. Finalmente se propone que los estudiantes elaboren un informe al final de cada práctica.

ABSTRACT

This research consists on the elaboration of a basic operation manual for the vertical machining center CNC VMC 800 Bridgeport in the Industrial Engineering School at ESPOCH. The project objective is to developed guides for the execution of machining parts processes by using the machining center and he CNC design and programming in the Siemens NX 10 software.

The purpose is to contribute positively to the academic-professional training of the Industrial Engineering career students at ESPOCH, considering that this is an important area of the technological knowledge which is increasing due to its advantages over the traditional machining processes

The proposal is focused on orienting and training students in the management of the machining center; starting in the basic level whose contents include the identification of the main parts, technical instructions, and the safety of the Vertical Machining Center, and ending with more complex machining processes.

In each one of the guides there are examples about the procedures students have to follow to get the needed parts and there is also information about the theory and safety rules to ensure the students physical integrity. Finally, it is proposed that students write a report at the end of each practice.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En los talleres de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH se encuentra disponible el Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT, el cual se halla en buen estado de funcionamiento. Sin embargo, no se lo aprovecha al máximo debido a que no existe un manual de operaciones para las prácticas de los estudiantes de la mencionada carrera.

El VMC 800 BRIDGEPORT tiene la capacidad de realizar operaciones de mecanizado de contornos, de superficie, circular, delineado de letras, taladrado, mecanizado complejo, entre otros.

Estas operaciones son efectuadas partiendo del modelado CAD, posteriormente se hace la simulación del mecanizado y la generación de los códigos mediante el software CAM, en este caso el Siemens NX 10, para finalmente transferir los códigos a la máquina y llevar a efecto el proceso de mecanizado en la pieza de trabajo.

Por esta razón y con el fin de proponer una guía para que los futuros profesionales ejecuten las operaciones básicas de mecanizado, se formulan prácticas que permitan tener un conocimiento integral en cuanto al funcionamiento de la máquina, el modelado a través del software Siemens NX 10.

La generación de los códigos de programación y la adquisición de los datos por parte del CNC a través del controlador DX-32, la forma de ejecutar los procesos de mecanizado, entre otros aspectos.

Además, para una formación estructurada y debidamente sustentada se formulan las guías prácticas en concordancia con el programa de estudio establecido para la asignatura CAD/CAM.

Que se imparte en el séptimo semestre de la carrera de Ingeniería Industrial de la ESPOCH.

1.1 Antecedentes

La Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH) actualmente dispone de máquinas herramientas para la realización de prácticas de laboratorio por parte de los estudiantes en su formación académica, entre ellas existen máquinas de Control Numérico Computarizado (CNC), las cuales para su operación requieren la generación de bloques de programa a través de códigos de letras que se establecen de forma secuencial.

El Centro de Mecanizado Vertical CNC BRIDGEPORT VMC 800 es una de las máquinas herramientas disponible en los talleres de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, que tiene por objeto realizar varios procesos tales como: mecanizado de superficies, de contorno, mecanizado circular, taladrado y mecanizado completo de una pieza. Esta máquina es empleada para ejecutar las operaciones inherentes al Diseño y Manufactura Asistida por Computador (CAD/CAM), que es una disciplina orientada a la creación de elementos mecánicos y bienes en serie, con base en la automatización de los procesos de producción de mecanizado.

Al mismo tiempo, para la programación de las órdenes a través de codificaciones secuenciales, esta máquina utiliza el software Siemens NX 10, el cual es una solución integrada de diseño de productos, ingeniería y fabricación, que además permite ejecutar simulaciones y realizar programaciones CNC para la manufactura de componentes mecánicos y plásticos.

El mencionado centro de mecanizado, cuyo año de fabricación es 1997, fue recientemente adquirido a una empresa industrial de la ciudad de Ambato, con el fin de servir como un instrumento para las prácticas de laboratorio de la asignatura de CAD/CAM de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la ESPOCH.

Sin embargo, esta máquina ha venido siendo subutilizada, es decir que no se la emplea eficientemente, debido en gran medida al empírico conocimiento de la programación del software Siemens NX 10 y al desconocimiento de todas las funciones del centro de mecanizado por parte de los estudiantes de la referida carrera.

Los fabricantes de las máquinas elaboran y suministran manuales de operación y/o de usuario a los adquirientes, los cuales son proporcionados en el momento de la compra, pero estos instrumentos impresos o digitales suelen venir en idioma inglés o a su vez son complicados de manejar para las personas que no tienen los conocimientos técnicos pertinentes.

Otro inconveniente que se presentaba es que, en caso de llevarse a cabo alguna readecuación de las máquinas o de cambio de software CAD/CAM para la programación del proceso de mecanizado, el manual queda en desuso.

En este sentido, las instituciones de carácter superior dedicadas a la formación de profesionales técnicos en las áreas afines a la mecánica están en la capacidad y es de su competencia la elaboración de guías o manuales de operaciones para las prácticas de laboratorio correspondientes a la vinculación teórico-práctica de los pensum de estudios.

Los manuales de operación tienen por finalidad proporcionar al lector la lógica con la que se ha desarrollado una aplicación, misma que es propia de cada programador, motivo por el cual se necesita documentar la información correspondiente a criterios tales como: especificaciones técnicas de las máquinas, modo de funcionamiento, condiciones de instalación, lenguajes de programación, mantenimiento, seguridad, entre otros parámetros. En el caso del centro de mecanizado vertical CNC Bridgeport VMC 800 disponible en los talleres de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, no se contaba con un manual de operaciones que permita a los estudiantes desarrollar sus prácticas de un modo estructurado didáctica y técnicamente, que esté en concordancia con la planificación académica de la asignatura de CAD/CAM.

1.2 Planteamiento del problema

La Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, ha adquirido recientemente el Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT, el cual sirve para fines didácticos en la asignatura de CAD-CAM dentro de la malla curricular de la carrera de Ingeniería Industrial.

El Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT ha sido manipulado de modo ciertamente empírico, dado que el docente de CAD-CAM.

No disponía de una guía técnica de operación que reúna la información y los conceptos teórico-prácticos necesarios para la programación y manipulación del centro de mecanizado, conforme sus especificaciones y en concordancia con el temario de la asignatura.

Esto repercutía negativamente en el aprendizaje de los estudiantes, porque no podían desarrollar sus conocimientos de una forma práctica.

Adicionalmente, se tiene el inconveniente de que la máquina originalmente, cuando era parte de la empresa Ecuamatrix, operaba mediante la programación CAM desde el software Mastercam, pero debido al elevado costo de su licencia.

La Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH optó por emplear el software Siemens NX 10 para manufactura, del cual los estudiantes tienen un limitado nivel de conocimiento en lo concerniente a su interfaz y a las funciones programables CNC.

Por ello no se aprovechaba convenientemente el centro de mecanizado en relación a su funcionalidad y capacidad.

Paralelamente y como consecuencia de lo referido en los párrafos anteriores, los estudiantes de Ingeniería Industrial no lograban vincular de forma eficiente sus conocimientos teóricos con la práctica, que es indispensable para desenvolverse en el ámbito profesional.

Sobre todo considerando que la asignatura de CAD/CAM es compleja, desde el punto de vista que involucra el estudio de una serie de procesos de mecanizado.

Por lo expuesto, se hacía inminente la necesidad de plasmar los conocimientos en guías de prácticas básicas, que faciliten la orientación y comprensión del contenido dictado en la cátedra CAD/CAM y que sirva de soporte para el docente designado a impartir ésta cátedra.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica

Las operaciones de mecanizado de las piezas de trabajo en las máquinas CNC se asemejan a las de una fresadora convencional manual, con la diferencia fundamental de que una serie de tareas que, convencionalmente son efectuadas por el operario, en los centros de mecanizado CNC las ejecuta el control numérico computarizado.

Para llevar a efecto un proceso de mecanizado en las máquinas CNC, se tiene primeramente que realizar la programación de la secuencia de instrucciones codificada, lo cual en realidad precisa de un diseño previo de las piezas a crear. Durante la fabricación de una pieza, el mecanismo de control procesa paso a paso las instrucciones programadas y las ejecuta. Para ello se mantiene una comunicación entre los diferentes componentes de la máquina CNC, mediante sensores y actuadores que reciben una serie de datos codificados.

Otra característica importante es que las máquinas CNC tienen la posibilidad de mover la herramienta simultáneamente en los tres ejes, para ejecutar trayectorias tridimensionales como las que se requieren para el maquinado de complejos moldes y troqueles.

El Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT de los talleres de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH tiene la posibilidad de ejecutar varias operaciones de mecanizado siguiendo trayectorias en tres dimensiones, con la facultad de admitir una programación ejecutada en el Software Siemens NX. Entre las principales características del centro de mecanizado están sus dimensiones, con una longitud de la mesa de trabajo de aproximadamente un metro, un ancho de medio metro, en tanto que la potencia es de 11.2W, una velocidad de giro del husillo en un rango entre 40 y 6000 rev/min, con velocidades de avance máximas en el eje x e y de 533 mm/s y en el eje z de 333.2 mm/s.

Además de las mencionadas características, se tiene disponible por parte del personal a cargo otras especificaciones como el manual de instalación y mantenimiento, los planos

de la máquina, así como la funcionalidad operativa. Es decir que, se cuenta con la información pertinente para elaborar un manual de operaciones básicas tendientes a facilitar la realización de prácticas en la asignatura de CAD/CAM.

La asignatura de CAD/CAM, dictada en el séptimo semestre de la carrera de Ingeniería Industrial de la ESPOCH contempla el llevar a cabo la capacitación de los estudiantes en varios temas y contenidos, orientados a permitir que tengan un alto nivel de conocimientos que aseguren su buen desenvolvimiento en el ámbito profesional y teniendo en cuenta que las máquinas cada vez son más tecnificadas, es imprescindible que la formación sea teórico-práctica. En concordancia con ello, se planteó la creación del manual de operaciones básicas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT.

El manual se corresponde con el programa académico de la mencionada asignatura y para ello se planteó la elaboración de once guías para las prácticas de laboratorio, conforme se detalla a continuación:

- Introducción a la máquina y especificaciones técnicas,
- Operación y funcionamiento del centro de mecanizado,
- Programación en códigos “G”,
- Software Siemens NX 10,
- Calibración de la herramienta,
- Ciclos de mecanizado,
- Mecanizado de superficies, contornos, circular,
- Taladrado, y
- Mecanizado completo de una pieza.

Por las consideraciones expuestas, en virtud de que se dispone de los medios y recursos necesarios para llevar adelante la creación de un manual de operaciones básicas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT, así como la necesidad de que los estudiantes conozcan la operatividad de una máquina CNC, se asume que es de suma importancia la realización del proyecto técnico propuesto.

1.3.2 Justificación metodológica

Las máquinas CNC son complejas puesto que comprenden un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos, neumático, entre otros; sumado al hecho de que tienen la posibilidad de ejecutar una serie de operaciones de mecanizado.

Por esta razón es indispensable tener un buen nivel de conocimiento técnico por parte de los estudiantes, que además debe diversificarse en varias disciplinas del ámbito profesional, como la mecánica, electricidad, electrónica, automatización, sistemas CAD/CAM, programación, entre otras.

De entre estas, el CAD/CAM es también diverso porque precisa la consideración de criterios referentes a diseño de elementos, conocimiento de máquinas herramientas, codificación en lenguaje CNC, dominio de la interfaz del software de programación, propiedades de los materiales, etc.

La elaboración de un manual implica tener muy en cuenta las especificaciones técnicas del centro de mecanizado y tiene por objeto servir de guía especializada para la realización de las prácticas básicas concernientes a la asignatura de CAD/CAM, que tiene lugar como parte del pensum de estudios del séptimo semestre de la carrera de Ingeniería Industrial.

El manual cuenta con una serie de guías para las prácticas de laboratorio, cada uno de los cuales contempla los siguientes aspectos:

- Objetivos de la práctica,
- Consideraciones teóricas generales,

- Procedimiento de trabajo, desde el diseño de la pieza a crear, la obtención de la codificación, la ejecución de la programación y la producción de la pieza o elemento,
- Informe de la práctica, y
- Conclusiones y recomendaciones.

La estructura del manual estará diseñada para facilitar el aprendizaje de los futuros profesionales en Ingeniería Industrial, no solamente en formarles para saber cómo programar y operar las máquinas CNC en general y el Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT en particular, sino para que tengan criterio a la hora de diseñar los elementos de trabajo y para que estén en capacidad de tomar decisiones de carácter técnico debidamente sustentadas.

1.3.3 Justificación práctica

La principal ventaja derivada de la utilización de las máquinas CNC radica en que ya no existe la necesidad de hacer complicados cálculos y resolver ecuaciones matemáticas para dar solución a los problemas de posicionamiento de las herramientas y de las piezas de trabajo en las máquinas de mecanizado, este problema se lo puede resolver por medio de un computador y un software de diseño, que permite realizar el diseño geométrico y de control numérico para enviar la señales codificadas para la activación de la herramienta de trabajo.

La Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH ha venido fortaleciendo uno de sus pilares como es la tecnología, es por eso que mediante gestión y colaboración de un grupo de estudiantes se logró adquirir el Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT con el propósito de estar a la vanguardia con los nuevos procesos y avances tecnológicos.

Para poder aprovechar correctamente este recurso del que dispone la Escuela de Ingeniería Industrial, en este caso el Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT, es indispensable contar con un manual de guías prácticas para las

operaciones básicas que se pueden llevar a cabo, el cual ayuda en la capacitación integral de los estudiantes.

El alcance del manual que se propone es la generación de prácticas en el centro de mecanizado como una guía para el desarrollo de la actividad docente. En virtud de lo manifestado se asume que con esta investigación se pretende beneficiar aproximadamente a 25 estudiantes de la Escuela de Ingeniería Industrial que cada semestre son partícipes de ésta cátedra.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general.* Desarrollar un manual de operaciones básicas, para el uso adecuado del Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT, del Laboratorio de CAD CAM de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH.

1.4.2 Objetivos específicos

- Describir el funcionamiento del Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT.
- Definir las prácticas a ser incorporadas en el manual de operaciones básicas, tomando en consideración las normas de seguridad necesarias para mitigar los riesgos existentes en la operación, las especificaciones técnicas del Centro de Mecanizado Vertical CNC, las características del software NX 10 y la naturaleza de las operaciones de mecanizado.
- Elaborar las guías técnicas para la realización de nueve prácticas de laboratorio.

1.5 Planteamiento de la hipótesis

1.5.1 Determinación de variables

El proyecto técnico para el diseño de un manual de operaciones básicas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT, del Laboratorio de CAD CAM de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH se estructura mediante el estudio de las siguientes variables:

1.5.1.1 *Variable independiente.* Manual de operaciones básicas.

1.5.1.2 *Variable dependiente.* Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT.

1.5.2 *Operacionalización conceptual*

Tabla 1. Operacionalización conceptual.

Variable	Conceptualización	Criterios
Manual de operaciones básicas	Guía técnica especializada para la ejecución de las operaciones que comprenden el funcionamiento de una máquina	Objetivos Consideraciones teóricas y técnicas Procedimiento de trabajo Producción de la pieza o elemento Informe Normas de seguridad Conclusiones y recomendaciones
Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT	Máquina de control numérico computacional que es capaz de realizar operaciones de mecanizado de forma autónoma, a través de la ejecución de instrucciones previamente creadas mediante códigos de programación	Especificaciones técnicas Modo de instalación Funcionamiento Lenguaje de programación Mantenimiento Mecanizado complejo

Fuente: Autor

1.5.3 *Operacionalización metodológica*

Tabla 2. Operacionalización metodológica.

Categorías	Indicadores
Especificaciones técnicas y de operación del Centro de Mecanizado Vertical CNC	Introducción a la máquina y especificaciones técnicas. Operación y funcionamiento del centro de mecanizado.
Codificación y características del software NX 10	Programación en códigos "G". Software Siemens NX 10.
Calibración de la herramienta	Cero de pieza y compensación de la longitud de la herramienta
Ciclos de mecanizado	Ciclos fijos de mecanizado.
Operaciones básicas de mecanizado	Mecanizado de superficies, Mecanizado de contornos Mecanizado circular, Taladrado, Mecanizado de pieza Compleja.

Fuente: Autor

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Manual de operaciones

Un manual de operaciones no es más que una guía técnica especializada creada para la ejecución de las operaciones que comprenden el funcionamiento de una máquina. En el caso de las máquinas CNC tiene por objeto dar a conocer como se debe realizar el diseño de las piezas a ser creadas, así como el principio de funcionamiento de la máquina, los códigos para el mecanizado, el modo de mantenimiento, los tipos de procesos que se pueden ejecutar, entre otros aspectos similares.

Es decir que, el manual técnico es una respuesta a la necesidad del lector de entender la lógica con la que se debe poner en funcionamiento una determinada máquina, tomando en cuenta que cada una es independiente y tiene sus propias características; en el presente caso el centro de mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT presenta sus especificaciones particulares tanto para las aplicaciones que pueden desarrollarse con ella como del software de programación Siemens NX 10. Por esta razón, las instrucciones que sirven de guía deben ser documentadas de una forma que permita al usuario estar en capacidad de poner en marcha la mencionada máquina y familiarizarse con su modo de funcionamiento.

2.2 Centro de Mecanizado

Un centro de mecanizado es una máquina altamente automatizada capaz de realizar múltiples operaciones de maquinado en una instalación bajo CNC con la mínima intervención humana. Las operaciones típicas son aquellas que usan herramientas de cortes rotatorias como cortadoras y brocas.

Este sistema de mecanizado destaca por su velocidad de producción como ventaja y los altos costos como desventaja. Existen centros de mecanizado de una gran variedad de tamaños, tipos, funciones y grados de automatización. Sus costos están comprendidos en el rango de 50.000 hasta 1.000.000 de euros o más. Sus potencias nominales llegan a

75kW y las velocidades de husillo de las máquinas más usadas tienen límites de 4000-8000 RPM. Algunas mesas inclinables son capaces de soportar piezas de más de 7000 Kg de peso.

En la actualidad se construyen muchas máquinas en forma modular, de tal modo que se pueden instalar y modificar diversos equipos y accesorios periféricos, según se necesite en los cambios de productos a manufacturar.

En los ejes de los carros longitudinal, transversal y vertical hay montados motores de avance, que transforma el movimiento de giro del motor en movimiento longitudinal del carro por medio de husillo y tuerca. Con el fin de desplazar la herramienta (carro vertical) o la pieza (carros longitudinal y transversal), el control emite las señales eléctricas correspondientes.

Estas señales que son de control son de muy baja potencia por lo que previamente son amplificadas en un amplificador del accionamiento y se transmiten al motor de avance correspondiente, el cual entonces mueve el eje y con ello el carro. La velocidad y la dirección del movimiento la debe conocer el control. La forma en que el control sabe cuánto se ha desplazado la herramienta, lo hace a través de sistemas de medición del recorrido que se encuentran en todos los carros de los ejes. Estos sistemas transmiten señales eléctricas al control durante el movimiento de desplazamiento, a partir de las cuales el control calcula el camino recorrido y lo que falta por recorrer.

2.2.1 Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT. Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT es una máquina que tiene la capacidad de cumplir con varias funciones tales como mecanizado de superficies, de contornos, circular, taladrado, entre otras. Entre sus principales características destacan la potencia de mando del husillo que es de 11.2 kW, la herramienta de trabajo opera con desplazamiento tridimensional, tiene compatibilidad con el software Siemens NX 10 para la transferencia de las instrucciones codificadas.

En el caso del Centro de Mecanizado Vertical CNC de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, tiene una vida útil de aproximadamente 17 años, tiempo en el cual inicialmente operaba en la empresa Ecuamatrix de la ciudad de Ambato y para la

programación CNC recibía la secuencias ejecutadas en el software Mastercam; en cambio una vez adquirido e instalado en los talleres de la carrera de Ingeniería Industrial, tiene por objeto brindar la posibilidad de que los estudiantes realicen prácticas, tendientes a poner de manifiesto los conocimientos teóricos adquiridos en la formación en la asignatura de CAD/CAM, que es parte de la malla académica de séptimo semestre de Ingeniería Industrial de la ESPOCH.

A continuación se presenta una imagen que muestra el Centro de Mecanizado Vertical CNC, motivo de estudio en el presente caso:

Figura 1. Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT



Fuente: UniMachines (2015)

2.2.2 *CAD/CAM.* El CAD/CAM es un proceso utilizado para mejorar la manufactura, desarrollo y diseño de los productos, permite su rápida fabricación, precisión y la reducción de los costos.

Estos sistemas implican la fusión de los sistemas CAD y CAM, con el objetivo de aportar en la producción industrial de elementos mecánicos de las variadas formas y para diferentes aplicaciones

2.2.3 *Sistema CAD.* El término dibujo asistido por computador CAD (computer assisted drawing), se refiere a la tecnología basada en computadoras que se emplean para crear, analizar y optimizar el diseño en ingeniería. Regularmente, los programas CAD proporcionan una interface gráfica de usuario (GUI graphics user interface).

Que permite introducir y manipular objetos geométricos en 2 y 3 dimensiones, crear dibujos de ingeniería, hacer análisis básicos en ingeniería y visualizar piezas individuales y ensambles complejos (Jensen, y otros, 2010 p. 19).

El desarrollo de los sistemas CAD industriales comenzó en la década de los años setenta del siglo XX, cuando las empresas de la industria automotriz y aeroespacial empezaron a emplear sistemas grandes con computadoras centrales.

Posteriormente, tuvo lugar la introducción de terminales gráficas de computadoras interactivas y programas que evolucionaron a partir de otros más simples, primero en 2D hasta llegar a la geometría 3D. Actualmente, la integración del CAD a la ingeniería y a la manufactura es favorecida por el desarrollo de las redes de alta velocidad y de internet (Jensen, y otros, 2010 p. 19).

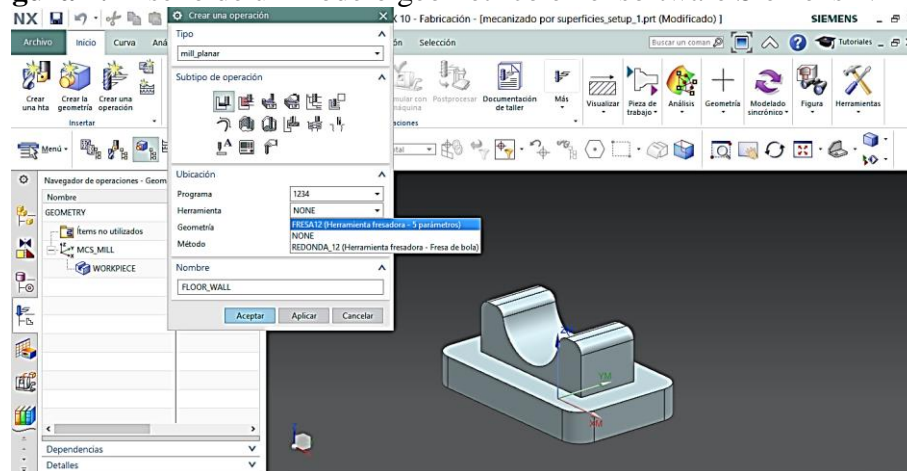
Los sistemas de Diseño Asistido por computador (CAD) son usados para generar un modelo con las características del producto como lo son el tamaño, contorno y forma (Scott Doyle, y otros, 2010).

El proceso de diseño en un sistema CAD está conformado por cuatro etapas, que son: el modelado geométrico, el análisis y optimización del diseño, la revisión y evaluación del diseño y la documentación del dibujo (Luzadder, 1986).

- El modelado geométrico describe en forma matemática o analítica un objeto físico, o cualquiera de sus piezas. El diseñador construye un modelo geométrico emitiendo comandos que crean o modifican líneas, superficies, cuerpos, dimensiones y texto, que juntos, son una representación exacta y completa, en dos o tres dimensiones del objeto. Los modelos se pueden presentar en tres formas distintas: representación de línea, modelos de superficie, modelo sólido.

- El análisis y optimización del diseño, viene posterior a la determinación de las propiedades geométricas de determinado diseño y comprende el análisis para calcular esfuerzos, deformaciones, deflexiones, vibraciones, transferencia de calor, distribución de temperatura o tolerancias dimensionales; antes de pasarlo a producción.
- La revisión y evaluación del diseño, consiste en la comprobación de la existencia de alguna interferencia entre los componentes para evitar dificultades durante el ensamble y el uso de la pieza. Existen programas con funciones de animación, para identificar potenciales problemas con elementos móviles y otras situaciones dinámicas. Durante esta etapa la pieza es dimensionada con precisión y se establecen sus tolerancias, con todos los requerimientos necesarios para su manufactura.
- La documentación y el dibujo, se refieren a la reproducción mediante máquinas automatizadas de dibujo, a través del desarrollo e impresión de los planos de detalle y trabajo. El sistema CAD es capaz de generar dibujos en diferentes vistas de la pieza, manejar escalas y efectuar transformaciones para presentar diversas perspectivas de una pieza (Luzadder, 1986).

Figura 2. Diseño de un modelo geométrico en el software Siemens NX 10.



Fuente: Siemens Industry Automation Division (2014 pp. 2-21)

Por otra parte, los sistemas CAD permiten simular el funcionamiento real de un producto, por ejemplo existe la posibilidad de comprobar el funcionamiento de un circuito electrónico propuesto o la resistencia de un puente al ser sometido a

determinadas cargas. En este sentido, un sistema integrado CAD/CAM está conformado por un sistema CAD conectado a equipos de fabricación controlados por un computador. En general, una de las principales ventajas de la fabricación asistida por computador con respecto a los métodos tradicionales radica en que para controlar los equipos de mecanizado no se requieren de operadores humanos.

2.2.4 *Sistema CAM.* La manufactura asistida por computador (CAM, de computer-assisted manufacturing), implica el uso de ordenadores para ayudar en todas las fases de la manufactura de un producto, incluyendo la planeación de proceso y la producción, maquinado, programación de producción, administración y control de calidad.

Los sistemas CAM se fundamentan en el empleo de una serie de códigos numéricos, almacenados en archivos informáticos que controlan la programación de las tareas, implican la eliminación de los errores en la maniobrabilidad del operador y la consecuente reducción de los costos de mano de obra.

La manufactura asistida por ordenador se proyecta hacia una evolución en la que se incluirá la integración más amplia de sistemas de realidad virtual, que permitirán a los diseñadores interactuar con los prototipos virtuales de los productos mediante el computador, reemplazando la necesidad de construir modelos o simuladores para comprobar su viabilidad, reduciendo los costos asociados (Scott Doyle, y otros, 2010).

El sistema CAM debido a sus ventajas se suele combinar con el diseño asistido por computadora CAD en los sistemas CAD/CAM.

Esta combinación permite la transferencia de información desde la etapa de diseño hacia la etapa de planeación para la manufactura de un producto, sin la necesidad de capturar en forma manual los datos sobre la geometría de la pieza.

Adicionalmente, la base de datos que se desarrolla durante el CAD es almacenada y procesada por el CAM, para obtener los datos y las instrucciones necesarias para operar y controlar la maquinaria de producción, el equipo de manejo de materiales y las pruebas e inspecciones automatizadas para establecer la calidad del producto.

2.2.5 *Aplicaciones del CAD/CAM.* Entre las diversas aplicaciones características del CAD/CAM constan las siguientes:

- Calendarización para control numérico computarizado y robots industriales;
- Diseño de herramientas y soportes;
- Diseño de datos y moldes para fundición;
- Planeación del proceso;
- Distribución de planta; y
- Control de calidad e inspección; por ejemplo, máquinas de medición por coordenadas programadas en una estación de trabajo.

2.2.6 *Control Numérico.* El control numérico (NC), es un dispositivo de automatización de una máquina que por medio de un programa (códigos), controla la operación de la misma, simplifica los procedimientos de programación y de operación de las máquinas. Los elementos básicos del control numérico son:

- El programa, que contiene toda la información de las acciones a ejecutar.
- El control numérico, que interpreta las instrucciones, las convierte en las señales para los órganos de accionamiento de la máquina y comprueba los resultados.
- La máquina, que ejecuta las operaciones previstas (Labs, 2008).

Las máquinas herramienta evolucionaron hacia la incorporación en una sola máquina de varias operaciones elementales de mecanizado que se efectuaban en máquinas diferentes, apareciendo los centros de mecanizado que permiten obtener una pieza acabada o casi acabada, en una sola estación de trabajo.

El control numérico es empleado en los sistemas de diseño y manufactura asistida por ordenador, precisamente una función CAD/CAM importante en operaciones de

maquinado, es la posibilidad de describir la trayectoria de la herramienta para diversas operaciones, como por ejemplo torneado, fresado y taladrado con control numérico.

Las instrucciones o programas se generan en computadora, y pueden modificar el programa para optimizar la trayectoria de las herramientas.

Para trabajar con el control numérico se tienen que llevar a cabo la planeación del proceso, de la programación y la identificación de los programas y subrutinas.

En la planeación del proceso se recibe el dibujo de una parte, se chequea que sea factible de realizar el maquinado en el equipo que se tiene, se determina el método de sujeción y de maquinado, se establecen las herramientas requeridas, se fija el orden de maquinado y las posiciones de las herramientas, se establecen los paros planeados, para chequear los tamaños dimensionales requeridos por el operador.

Se configuran las velocidades de corte, las profundidades de corte y avance para las operaciones de desbaste, se planifica el acabado en la superficie y se debe completar la hoja de planeación.

Para la planeación de la programación se comienza por dibujar el componente a escala mostrando las trayectorias de corte. Entonces, se selecciona el cero de la pieza y se dimensiona en un dibujo a escala los diámetros y longitudes de corte relativas a la pieza.

En la pieza de trabajo normalmente se establece el "cero de pieza" en la esquina inferior izquierda y en la cara superior, de tal forma que las coordenadas X, Y sean siempre positivas y Z negativo hacia dentro de la pieza. Entonces, se dibuja el layout de las herramientas mostrando las que se utilizarán e indicando la posición de cada una de ellas y se escribe la secuencia del programa.

La identificación de los programas y subrutinas demanda la generación de bloques basados en códigos de letras utilizados para un programa NC. En la tabla 3 se presentan las letras que caracterizan las funciones programables, se trata de un extracto de la norma DIN.

Que sigue siendo válida para la mayoría de los controladores de máquinas-herramientas de control numérico:

Tabla 3. Letras para las funciones programables de las máquinas de NC.

Letra característica	Función	Letra característica	Función
A	Movimiento giratorio alrededor del eje X	O	(No utilizar esta letra)
B	Movimiento giratorio alrededor del eje Y	P	Tercer movimiento paralelo al eje o parámetro para corrección de la herramienta
C	Movimiento giratorio alrededor del eje Z	Q	Tercer movimiento paralelo al eje Y o parámetro para corrección de la herramienta
D	Movimiento giratorio alrededor de otro eje mas/o un tercer avance	R	Tercer movimiento paralelo al eje Z o parámetro para corrección de la herramienta
E	Movimiento giratorio alrededor de otro eje mas/o un segundo avance	S	Velocidad del husillo en número de revoluciones por minuto (rpm)
F	Velocidad de avance de la herramienta (mm/min o mm/rev)	T	Asignación del número de Herramienta
G	Funciones preparatorias (instrucción de movimiento)	U	Segundo movimiento paralelo al eje X
H	(libre)	V	Segundo movimiento paralelo al eje Y
I	Parámetro de interpolación o paso de rosca paralelo al eje X	W	Segundo movimiento paralelo al eje Z
J	Parámetro de interpolación o paso de rosca paralelo al eje Y	X	Movimiento en dirección del eje X
K	Parámetro de interpolación o paso de rosca paralelo al eje Z	Y	Movimiento en dirección del eje Y
L	(libre)	Z	Movimiento en dirección del eje Z
M	Funciones accesorias, auxiliares o misceláneas		
N	Número del bloque del programa		

Fuente: DIN (1972 pág. 3)

2.2.7 *Códigos M.* Las funciones misceláneas, llamadas códigos M, son usados por el CNC como señales de on/off para las funciones de la máquina. Son ejemplos de estas funciones: M03 - encendido del husillo sentido horario (CW) y M05 - parada del husillo.

Un código M usa el formato siguiente: M ØØ.

Donde:

M es la letra de dirección.

ØØ son los dos números que definen el código M.

2.2.8 *Códigos G.* Las funciones preparatorias, llamados códigos G, se emplean para determinar la geometría de movimientos de la herramienta y el estado del controlador de la máquina; funciones tales como movimientos cortantes lineales, taladrado y especificación de las unidades de medida. Estos normalmente se programan al inicio de un bloque.

Un código G usa el siguiente formato: G ØØ

Donde:

G es la letra de dirección.

ØØ es el número que define el código G.

Ejemplos de funciones preparatorias son las siguientes:

G00 Interpolación lineal a la máxima velocidad.

G01 Interpolación lineal con avance.

CAPÍTULO III

3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

El proyecto técnico se desarrolla en apego a la metodología investigativa descrita como se indica a continuación:

3.1 Modalidad de la investigación

La investigación desarrollada para la realización del proyecto corresponde a los tipos bibliográfica y de laboratorio.

3.1.1 *Bibliográfica.* La información se obtiene a partir de fuentes existentes como los manuales de operación del Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT.

Contrastada con publicaciones académicas referentes a guías de prácticas para centros de mecanizado en los centros de formación profesional.

3.1.2 *De campo.* La investigación es de campo, ya que en los talleres de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH se desarrollaron las pruebas para conocer los principios y parámetros necesarios.

Para la ejecución de las guías prácticas de utilización del Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT.

3.2 Métodos

Los métodos corresponden a los caminos a seguir para llevar adelante la ejecución del proyecto, en este caso se trabajó con el método deductivo.

3.2.1 *Método Deductivo.* Este método tiene como fundamento la aplicación de los principios descubiertos a casos particulares mediante la vinculación de los juicios de valor. En el caso del presente proyecto, se plantea la realización de guías prácticas

acerca de las operaciones básicas del Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT.

Para lo cual se toma como referente el temario académico de la asignatura de CAD/CAM, que es parte de la malla curricular de la carrera de Ingeniería Industrial en la ESPOCH, propiamente ésta asignatura es desarrollada en el séptimo semestre.

De esta manera se elaboran las guías prácticas de la siguiente manera:

Guías prácticas

1. Introducción, partes principales, especificaciones técnicas y seguridades del Centro de Mecanizado Vertical CNC BRIDGEPORT VMC 800 – 22.
2. Operación y funcionamiento del Centro de Mecanizado Vertical CNC BRIDGEPORT VMC 800 – 22.
3. Programación en códigos “G”.
4. Mecanizado del delineado de letras.
5. Mecanizado de superficies.
6. Mecanizado de contornos.
7. Mecanizado circular.
8. Taladrado
9. Mecanizado de pieza compleja

Es importante destacar que las prácticas diseñadas están en estricta concordancia con el objeto de estudio del proyecto.

De ese modo se asegurará el cumplimiento de los objetivos y que los resultados obtenidos sean satisfactorios, lo cual se enmarca dentro del contexto del método deductivo para casos particulares.

3.3 **Técnicas**

Las técnicas son el conjunto de instrumentos y medios a través de los cual se efectúa el método. Para el desarrollo del proyecto propuesto se emplearon la observación y la entrevista como las técnicas que permitieron formular las guías prácticas de laboratorio.

3.3.1 *Entrevista.* La entrevista de tipo no estructurada se formuló al docente de la asignatura de CAD-CAM de la carrera de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, con el objeto de conocer el alcance de cada uno de los conocimientos que deben ser transmitidos a los estudiantes y que son plasmados en las prácticas a efectuarse en el centro de mecanizado vertical CNC BRIDGEPORT VMC 800.

3.3.2 *Observación.* La observación fue llevada a efecto para recolectar datos que permitan formular convenientemente las guías prácticas acerca de las operaciones básicas del Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT. Esta técnica se desarrolló con el apoyo de formatos de recolección de datos y en estricto apego de las especificaciones técnicas del centro de mecanizado, que han sido suministradas por el fabricante.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente proyecto técnico están enmarcados bajo ciertos criterios de valoración para cada una de las guías técnicas acerca de la operación básica del Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT.

Lo que permite realizar una discusión que tiene por objeto medir la evolución del aprendizaje de los estudiantes del séptimo semestre de la carrera de Ingeniería Industrial de la ESPOCH.

A continuación se presenta una tabla que formula los criterios de valoración de los resultados obtenidos, a partir de la ejecución de las prácticas a realizadas:

Tabla 4. Criterios para valoración de los resultados obtenidos.

No.	Guía Práctica	Criterios Para La Discusión
1	Introducción a la máquina y especificaciones técnicas.	Grado de conocimiento del estudiante sobre las características técnicas del Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT.
2	Operación y funcionamiento del centro de mecanizado.	Capacidad del estudiante de conocer los tipos de operaciones, el modo de funcionamiento, la calibración de la herramienta de trabajo y la colocación de la pieza en el Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT.
3	Programación en códigos “G” y ciclos fijos de mecanizado	Familiaridad del estudiante con los códigos “G”, la respectiva función que cumplen dentro de las operaciones de mecanizado y la codificación secuencial para los ciclos de mecanizado.
4	Delineado de letras	Acabado en referencia al espesor y profundidad de las letras.
5	Mecanizado de superficies	Acabado de la superficie de la pieza de trabajo, considerando la tolerancia.
6	Mecanizado de contornos	Acabado de los contornos de la pieza de trabajo, considerando la tolerancia.
7	Mecanizado circular	Dimensiones de acuerdo al diseño y tomando en cuenta las tolerancias.
8	Taladrado	Dimensiones de acuerdo al diseño y tomando en cuenta las tolerancias.
9	Mecanizado de pieza compleja	Semejanza, acabado y dimensiones de las piezas obtenidas y comparación con el diseño original.

Fuente: Autor

4.1 **Manual de Operaciones Básicas del Centro de Mecanizado VMC 800 Bridgeport**

Este manual contiene información para Siemens PLM Software NX 10 de control de máquinas Bridgeport. La información presentada a continuación es una guía para la programación de piezas usando ejemplos e ilustraciones.

Las instrucciones de programación van desde el nivel básico hasta el más complejo para cubrir todos los aspectos inherentes a las operaciones de mecanizado.

MANUAL DE OPERACIONES BÁSICAS DEL CENTRO DE MECANIZADO CNC BRIDGEPORT

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



GUÍA PRÁCTICA No.1

4.1.1 *Guía Práctica No.1*

4.1.2 *Tema.* Introducción, partes principales, especificaciones técnicas y seguridades del Centro de Mecanizado Vertical CNC BRIDGEPORT VMC 800.

4.1.3 *Equipo Técnico*

- Responsable:

El responsable de dirigir la práctica será el Ing. Ángel Guamán.

- Participantes:

Estudiantes de la asignatura de CAD/CAM, se conformarán grupos de trabajo de cuatro o cinco estudiantes, para que operen el centro de mecanizado de forma simultánea.

4.1.4 *Objetivo General.* Conocer sobre las características y especificaciones técnicas del Centro de Mecanizado Vertical CNC BRIDGEPORT VMC 800.

4.1.5 *Objetivos Específicos*

- Establecer las normas de seguridad básicas para la operación del centro de mecanizado.
- Identificar las partes principales.
- Familiarizarse con las características técnicas.
- Describir las herramientas de corte, las de sujeción de cortadores y de las piezas.

4.1.6 *Instrumentos y equipos*

- Centro de mecanizado vertical BRIDGEPORT VMC 800.



- Manual de operación.

4.1.7 *Normas de seguridad.* Con el objeto de asegurar la integridad física de los estudiantes y personas que operen el Centro de Mecanizado CNC VMC 800 Bridgeport, se requieren seguir ciertas recomendaciones para minimizar el riesgo asociado al funcionamiento de la máquina. Se debe dar prioridad a la prevención intrínseca, la que consiste en evitar al máximo la existencia de peligros o bien reducir los riesgos existentes, eliminando convenientemente ciertos factores determinantes o reduciendo la exposición de las personas a los peligros que no se puedan adecuar convenientemente.

ES OBLIGACIÓN DE CADA ESTUDIANTE AL MOMENTO DE REALIZAR UNA PRÁCTICA EN EL CENTRO DE MECANIZADO SEGUIR LAS NORMAS DE SEGURIDAD Y DE PREVENCIÓN DESCRITAS a continuación:

Medidas de prevención generales

- Familiarizarse con las reglas de seguridad y practicarlas.
- Comunicar o informar a otras personas sobre las acciones o comportamientos que les pueda poner en peligro.
- Evitar salientes y aristas punzantes o cortantes en la operaciones de mecanizado.
- Emplear materiales idóneos a las condiciones de aplicación.

- Usar tecnologías y fuentes de alimentación seguras (bajas tensiones, fluidos no tóxicos o inflamables, etc.).
- Trabajar con dispositivos de enclavamiento de acción mecánica positiva (elementos que al moverse arrastran indefectiblemente otros, con lo que se garantiza su correcto posicionamiento).
- Emplear formas de mando especiales para reglaje o ajuste.
- No tocar ningún interruptor o botón con las manos mojadas.
- Mantener limpio el piso circundante al área de trabajo.
- Colocar las herramientas en sus lugares respectivos luego de ser utilizadas.
- La manipulación de aceites y taladrinas comporta básicamente tres tipos de riesgos potenciales: afecciones cutáneas, alteraciones del tracto respiratorio y cáncer. Para minimizar su potencial incidencia sobre el usuario del centro de mecanizado se debe extremar la higiene personal y la limpieza del entorno de trabajo, elaborar un programa de protección dérmica, establecer un plan de vigilancia médica permanente y continuada.

Es recomendable trabajar con fluidos de corte que estén exentos de sustancias cancerígenas y en caso de que se evidencie afectación sobre el trabajador se tendrá que reemplazarlo por otro (INSHT, 1991, pp. 6-7).

Medidas de protección

No se deberá utilizar el centro de mecanizado en las siguientes condiciones:

- Cuando los paneles o los resguardos de seguridad no se encuentran en su lugar.
- Si existe alguna conexión insegura, partes mecánicas desajustadas o algún otro elemento que pueda perjudicar al operador.

Equipo de protección individual

- Es indispensable el uso del mandil u overol de trabajo, se requiere que las mangas de la bata terminen en tejido elástico.
- Usar gafas de seguridad.
- El calzado debe ser de seguridad, con la punta reforzada.
- Utilizar gorro para los que tengan el pelo largo, quedando prohibido el uso de corbatas, bufandas, pulseras, collares, anillos, etc.
- Colocarse guantes que permitan una buena maniobrabilidad de las articulaciones de las manos.

Operación del centro de mecanizado

- Leer y comprender el manual antes de intentar poner en servicio y operar la máquina.
- Montar correctamente la herramienta en el husillo (las chavetas de arrastre del husillo en el alojamiento correspondiente del portaherramientas).
- Comprobar que la pieza de trabajo y la herramienta estén firmemente sujetadas.
- Asegurar el correcto sentido de giro de la herramienta.
- Advertir de que nadie active el cabezal mientras se realiza el cambio de herramientas en la torreta.
- Asegurarse de que esté bien realizado el cero pieza y la compensación de la herramienta.
- Tomar una posición que favorezca el accionamiento del paro de emergencia.

- En caso de evidenciar que existe peligro para las personas que transitan por el sitio de trabajo, no retirar los dispositivos de seguridad (incluyendo la parte eléctrica) y no encender la máquina.
- Trabajar en la medida de lo posible con las pantallas de protección.
- Operar el centro de mecanizado CNC con la compuerta cerrada.
- No colocar herramientas sobre la máquina cuando esté operando.
- Vigilar el desarrollo de los procesos de mecanizado mientras el centro de mecanizado se encuentra en operación.
- Inmediatamente después de encender el centro de mecanizado, no tocar ninguna de las teclas del panel de control hasta que en la pantalla aparezca la visualización de posición o de alarmas.
- Verificar que nadie se encuentre cerca de las piezas de la máquina y que no existan obstáculos alrededor antes de iniciar la operación.
- No acercarse ni tocar ninguna pieza en movimiento de la máquina durante la operación.
- No retirar las virutas con la mano, debe hacerlo con una brocha.
- El botón de parada de emergencia sólo podría utilizarse cuando es absolutamente necesario el cese inmediato de todo movimiento o bien cuando la seguridad se ve amenazada en el uso normal del botón de espera.
- En caso de emergencia o fallo de los dispositivos de seguridad o protección, el paro de emergencia pasa la máquina a condiciones de seguridad lo más pronto posible, pero de forma exclusivamente voluntaria, en caso de un accidente ocurrido mientras la máquina esté funcionando se deberá presionar el botón de parada de emergencia para detener la máquina en su totalidad. Sin embargo el

dispositivo de emergencia no será una alternativa que sustituya a las protecciones del centro de mecanizado (INSHT, 1989 p. 2).

Mantenimiento del centro de mecanizado

- Antes de realizar las tareas de mantenimiento se tienen que bloquear todas las fuentes de energía, eléctrica, hidráulica y neumática; además se debe esperar el enfriamiento de la máquina, para evitar cualquier tipo de quemadura.
- Lubricar y engrasar la máquina solamente si el centro de mecanizado se encuentra totalmente parado.

4.1.8 *Consideraciones Teóricas.*

Centro de mecanizado. Un centro de mecanizado es una máquina altamente automatizada capaz de realizar múltiples operaciones de maquinado en una instalación con CNC con la mínima intervención humana. Las operaciones típicas emplean herramientas de corte rotatorio, como cortadores y brocas. Este sistema en comparación a los tradicionales destaca por la alta velocidad de producción, pero tiene la desventaja de que está asociado con elevados costos de producción (Muñoz, 2008).

Entre las principales características de los centros de mecanizado constan las siguientes:

- Ofrecen la flexibilidad y versatilidad de realizar distintas operaciones sobre una misma pieza, tienen la capacidad de cambio automático de herramienta. Además son reconfigurables y pueden realizar una producción uniforme en corto tiempo.
- Son compactas, automatizadas y tienen sistemas de control, lo que posibilita que un operador pueda atender dos o más centros de mecanizado al mismo tiempo, reduciendo los costos de mano de obra.
- Manejan de forma eficiente una amplia variedad de piezas, con tamaños y formas diferentes. Tienen alta precisión dimensional y tolerancias de 0,0025 mm.

- Reducen el tiempo para cargar y descargar las piezas, cambiar las herramientas, calibrar y resolver problemas. Por lo tanto, incrementan la productividad, reducen la necesidad de mano de obra especializada, minimizando los costos de producción.
- Cuentan con dispositivos que monitorean las condiciones de la herramienta y detectan su rotura y desgaste, además disponen de sondas o palpadores para compensar el desgaste y posicionamiento de las herramientas.
- La labor del operador se centra en el calibrado de la máquina y la inspección de las piezas de trabajo mecanizadas durante el proceso y después del mismo.
- Generan grandes cantidades de viruta que deben recolectarse y desecharse de manera adecuada. La recolección de virutas se realiza con bandas transportadoras de tornillo o de cadena, que las recogen y las entregan en un punto de recolección.

Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT

Esta máquina está disponible en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH y tiene la capacidad de ejecutar varias funciones entre las que destacan las siguientes: mecanizado de superficies, de contornos, circular, taladrado, entre otras.

Figura 3. Panorámica del Centro de Mecanizado CNC VMC 800 BRIDGEPORT



Fuente: Autor






Entre las principales características destacan la potencia de mando del husillo que es de 11.2 kW, la herramienta de trabajo opera con desplazamiento tridimensional, tiene

compatibilidad con Siemens PLM Software NX 10 para el diseño de las piezas de trabajo y la transferencia de las instrucciones codificadas.





El centro de mecanizado Bridgeport tiene por objeto servir como instrumento didáctico para la formación profesional de los estudiantes de Ingeniería Industrial en la asignatura de CAD/CAM.

4.1.9 *Procedimiento.* La práctica tiene como finalidad inducir a los estudiantes en el reconocimiento de las características del Centro de Mecanizado Vertical VMC 800 Bridgeport, por lo que es necesario describir las funciones principales empezando por los controles del panel frontal, localizado en el tablero, conforme se detalla a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5. Símbolos empleados para los controles principales.

Símbolo	Controles Del Panel Frontal
	Power On (encender): Enciende la máquina
	Power Off (apagar): Apaga la máquina
	Emergency Stop (Parada de emergencia): Botón rojo grande. Pulse para detener el movimiento de todos los ejes, desactivar el husillo y el cambiador de herramientas y apagar la bomba del refrigerante. Girar para reiniciar.
	Jog Handle (Volante de avance): Se usa para desplazar todos los ejes (Se debe presionar la tecla Hand Jog). También se utiliza para desplazarse por el código del programa o por los elementos del menú al editar.
	Cycle Start (inicio de ciclo): Inicia un programa. Este botón se utiliza también para iniciar un programa de simulación en modo Graphics.
	Feed Hold (detener avance): Detiene el movimiento de todos los ejes. Pulse Cycle Start (inicio de ciclo) para cancelar.
	Avance rápido eje Z (ascenso)
	Avance rápido eje Z (descenso)

Fuente: Autor

Símbolo	Controles Del Panel Frontal
	Control de velocidad X e Y
	Spindle Stop (parada del programa)
	Encendido del refrigerante
	Conector VGA: Permite realizar la conexión entre la máquina y la PC para la transferencia de los datos.

Fuente: Autor

División del teclado:

1. Teclado principal, que incluye todas las teclas que se encuentran normalmente en una máquina de escribir.
2. Teclado numérico, esto incluye los números 0-9, punto decimal y teclas de funciones matemáticas.
3. Teclas de control de pantalla, estos permiten al operador seleccionar los datos de diferentes ubicaciones en la pantalla, sobre todo en el modo de edición.
4. Teclas de función, estas permiten al operador seleccionar funciones especiales que se asignan a cada tecla.
5. Teclas especiales, que se comunican directamente con el sistema operativo.

Figura 4. División del teclado. Centro de Mecanizado VMC 800 BRIDGEPORT.



Fuente: Autor

Las principales funciones del tablero de control son las siguientes:

Tabla 6. Funciones del tablero de control.

Función	Significado
Reset (Restablecer)	Detiene la máquina (los ejes, el husillo, el cambiador de herramientas y la bomba del refrigerante).
Power Up (Encender) / Restart (Reiniciar)	Permite volver a los ejes a la posición cero de la máquina y puede producirse un cambio de herramienta
Recover (Restaurar)	Ayuda a recuperar al cambiador de herramientas de una parada anormal.
Work Light Switch (Interruptor de la luz de trabajo)	Enciende la luz de trabajo dentro de la máquina.
Tool Offset Meas (Medida de la corrección de herramientas)	Graba los correctores de la longitud de la herramienta durante el montaje de la pieza.
Tool Release (Liberación de herramientas)	Libera la herramienta del husillo cuando se está en modo MDI, modo retorno a cero, o modo volante de avance.
Part Zero Set (establecer cero de la pieza)	Registra los correctores de las coordenadas de trabajo durante la configuración de la pieza.
Next Tool (Herramienta siguiente)	Selecciona la siguiente herramienta del cargador de herramientas.
Chip FWD (Avance del extractor de virutas sin fin)	Inicia el extractor de virutas sin-fin en la dirección de “Forward” (avance) moviendo las virutas fuera de la máquina.
Chip Stop (Detener extractor de virutas sin fin).	Detiene el extractor de virutas sin-fin.
Chip REV (Marcha atrás del extractor de virutas)	Inicia el extractor de virutas opcional en la dirección “Reverse” (Atrás), lo que es útil al limpiar atascos y restos del extractor.
X/-X, Y/-Y, Z/-Z, A/-A y B/-B (teclas de ejes)	Desplaza manualmente el eje manteniendo presionado el botón individual o pulsando el eje deseado y usando el volante de avance.
Jog Lock (Bloqueo de avance)	Trabaja con los botones de los ejes. Pulse el bloqueo de avance y luego un botón de eje y el eje no se moverá al máximo recorrido o hasta que vuelva a ser presionado de nuevo.
CLNT Up (Refrigerante arriba)	Mueve la boquilla de refrigerante programable opcional (P-Cool) arriba.
CLNT Down (Refrigerante Abajo)	Mueve la boquilla de refrigerante opcional abajo.
-10feedrate	Reduce la velocidad de avance en curso un 10%.
100%feedrate	Establece la velocidad de avance a la velocidad programada por el usuario.
+10feedrate	Incrementa la velocidad de avance actual un 10%.
-10 spindle	Reduce la velocidad actual del husillo un 10%.
100%spindle	Establece la velocidad del husillo anulada a la velocidad programada.
+10spindle	Incrementa la velocidad actual del husillo un 10%.
Hand Cntrl Feed (Velocidad de avance del control por volante)	Permite utilizar el volante de avance para controlar la velocidad de avance en incrementos de $\pm 1\%$.

Función	Significado
Hand Cntrl Spin (Husillo de control manual)	Permite al volante de avance controlar la velocidad del husillo en incrementos del $\pm 1\%$.
CW	Inicia el husillo en la dirección de las manecillas del reloj.
CCW	Inicia el husillo en la dirección contraria a la de las manecillas del reloj.
STOP (Parar)	Detiene el husillo.
5% / 25% / 50% / 100% Rapid (Avance Rápido)	Limita el avance rápido al valor de la tecla. El botón Rapid (rápido) 100% permite la máxima rapidez.
Prgrm / Convr	Selecciona el panel de programa activo en la mayoría de los modos.
Offset (corrector)	Púlsela para cambiar entre dos tablas de correctores.
Posit (Posición)	Selecciona el panel de posiciones situado en el centro inferior de la pantalla. Visualiza las posiciones actuales de los ejes. Pase entre las posiciones relativas pulsando la tecla POSIT (posición).
Param / Dgnos (Parámetros / Diagnósticos)	Muestra los parámetros que definen el funcionamiento de la máquina. Los parámetros se organizan por categorías en un menú tabulado, o para encontrar un parámetro conocido, teclee el número y pulse la flecha hacia arriba o hacia abajo.
Setng / Graph (Ajustes / Gráficos)	Muestra y permite el cambio de los ajustes del usuario. Como los parámetros, los ajustes se organizan por categorías en un menú tabulado.
Home (Inicio)	Mueve el cursor al elemento situado más arriba en la pantalla; al editar, es el bloque arriba a la izquierda del programa.
Up / Down Arrows (Flechas Arriba / Abajo)	Mueve un elemento, un bloque o un campo hacia arriba/abajo.
Page Up / Down (Página siguiente/anterior)	Cambia las pantallas o mueve arriba/abajo una página cuando se visualiza un programa.
Left Arrow (Flecha izquierda)	Utilizada para seleccionar los elementos editables cuando se ve un programa; mueve el cursor a la izquierda. Se emplea para desplazarse a través de las selecciones de ajustes.
Right Arrow (Flecha derecha)	Selecciona individualmente elementos editables cuando se ve un programa; mueve el cursor a la derecha. Se utiliza para desplazarse a través de las selecciones de ajustes y mueve la ventana de ampliación a la derecha en el modo de gráficos.
End (Fin)	Mueve el cursor hasta el elemento situado más abajo en la pantalla (hacia la línea final del programa)
Shift (Cambio)	Permite el uso de caracteres adicionales en el teclado. Los caracteres adicionales se ven en la parte superior izquierda de algunas de las teclas alfanuméricas.
EOB End-Of-Block (Fin de bloque)	Aparece como un punto y coma (;) en la pantalla e indica el final de una línea de programa.
()	Los paréntesis se usan para separar los comandos de CNC y los comentarios del usuario en un programa. Siempre se deben introducir parejas de paréntesis.
/	La barra se usa en la funcionalidad Block Delete (borrar bloque). Si este símbolo es el primer símbolo en un bloque y se acciona Block Delete (borrar bloque), entonces ese bloque se ignora en la ejecución del programa.
EDIT (editar)	Selecciona el modo de edición. Este modo se utiliza para editar programas en la memoria de control, proporciona dos paneles: uno para el programa activo en curso; y otro para edición de programas en segundo plano. Cambie entre los dos paneles pulsando la tecla EDIT (editar).

Función	Significado
Insert (Insertar)	Introduce comandos al programa en frente del cursor. Este botón también insertará texto desde el portapapeles en la posición actual del cursor, y puede utilizarse también para copiar bloques de código en un programa.
Alter (Alterar)	Cambiará el comando o texto resaltado por el nuevo comando o texto introducido. Este botón cambiará también las variables resaltadas por el texto almacenado en el portapepeles, o moverá un bloque seleccionado a una nueva posición.
Delete (Borrar)	Borra el elemento en el que está el cursor, o borra un bloque de programa seleccionado.
Undo (Deshacer)	Retrocede o deshace hasta los últimos 9 cambios hechos en la edición, y deselecta un bloque resaltado.
MEM (Memoria)	Selecciona el modo de memoria. La pantalla visualiza el programa activo y otra información necesaria al fabricar una pieza.
Single Block (Bloque a bloque)	Apaga o enciende bloque único. Cuando bloque a bloque está activado, únicamente se ejecuta un bloque del programa, cada vez que se presione Cycle Start (Inicio de Ciclo).
Dry Run (Ensayo)	Se usa para verificar el movimiento real de la máquina sin cortar una pieza.
Opt Stop (Parada Opcional)	Activa o desactiva las paradas opcionales.
Block Delete (Borrar Bloque)	Activa o desactiva la función borrar bloque.
MDI/DNC	El modo MDI es el modo de “Entrada manual de datos” cuando un programa puede escribirse pero no se introduce en la memoria. El modo DNC, “Control Numérico Directo”, permite ingresar carácter por carácter programas grandes en el control.
Coolnt (Refrigerante)	Enciende y apaga el líquido refrigerante opcional.
Orient Spindle	(Orientar Husillo) Gira el husillo a una posición y luego lo bloquea. Puede utilizarse durante el montaje para indicar piezas.
ATCFWD	Gira la torreta de herramientas hacia adelante hasta la siguiente herramienta.
ATCREV	Gira la torreta de herramientas hacia adelante hasta la herramienta anterior.
Handle Jog (Avance por volante)	Selecciona el modo de desplazamiento del eje 0.0001, 0.1 – 0.0001 pulgadas (0.001mm) para cada división en el volante de avance. Para el ensayo, 0.1 pulgadas/ min. 0.0001/0.1, 0.001/1.0, 0.01/10.0, 0.1/100. – El primer número (número superior), en modo pulgadas, selecciona la cantidad a desplazarse en cada clic del volante de avance.
Select Prog (Seleccionar Programa)	Hace que el programa que aparece resaltado sea el programa activo.
Zero Ret (Retorno a cero)	Selecciona el modo Retorno a cero, que muestra la localización del eje.
All (Todos)	Busca el cero de la máquina para todos los ejes. Es similar a Power Up / Restart (Encender/Reiniciar) salvo en que no se produce un cambio de herramienta. Puede usarse para establecer la posición cero iniciales de los ejes.
Origin (Origen)	Pone a cero las pantallas y temporizadores.
Singl (Único)	Pone seleccionados a cero un eje.

Función	Significado
List Prog (Listar Programas)	Controla toda la carga y ahorro de datos en el control
Send (Enviar)	Transmite programas a través del puerto.
Recv	Recibe programas desde el puerto.
Erase Prog (Borrar Programa)	Borra el programa seleccionado por el cursor en el modo List Prog (listar programas) o el programa completo en modo MDI.
Cancel (Cancelar)	Borra el último carácter introducido.
Space (Espacio)	Da formato a comentarios dentro de los programas.
Write / Enter (Escribir / Introducir)	Tecla de entrada de propósito general.

Fuente: Autor

Información general del Centro de Mecanizado CNC VMC 800 Bridgeport

Tabla 7. Información general del centro de mecanizado.

Información General	Detalle
Categoría	Centros de mecanizado verticales CNC
Fabricante	Bridgeport
Modelo	VMC 800 11597322
Nombre de la empresa	Ryan Machine Company Inc.
Dirección del fabricante	Santa Clara, CA. USA
Año de fabricación	1997
Fecha de ingreso ESPOCH	10 / 01 / 2012
Especificaciones eléctricas	240 V. / 3 fases / 60 Hz. Corriente máxima 55 A.
Velocidad máxima	6000 rpm
Software de control CNC	NX 10 (Siemens PLM Software)
Motor de giro	15 hp
Peso	3600 kg.
Sistema de refrigeración	Líquida

Fuente: Autor

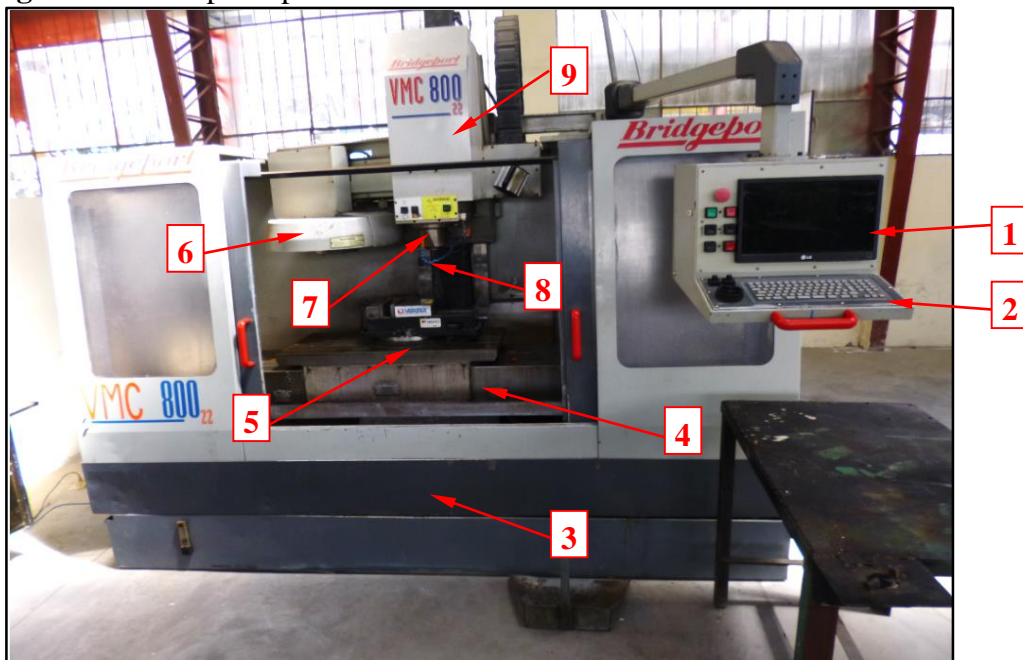
Tabla 8. Características técnicas del centro de mecanizado.

Características	Detalle
Largo	2850 mm
Ancho	2200 mm
Altura	2700 mm
Longitud de la mesa de trabajo	1000.8 mm
Ancho de la mesa de trabajo	490.2 mm
Potencia del mando del husillo	11.2 kW (15 hp)
Número de herramientas en el cargador	22 pzs.
Velocidad de giro mínima del husillo vertical	40 1/min
Velocidad de giro máxima de husillo vertical	6000 1/min
Longitud de recorrido en el eje X (avance mecánico)	800.1 mm
Longitud de recorrido en el eje Y (avance mecánico)	508 mm
Longitud de recorrido en el eje Z (avance mecánico)	508 mm
Velocidad de avance máxima en el eje X	533 mm/s
Velocidad de avance máxima en el eje Y	533 mm/s
Velocidad de avance máxima en el eje Z	333.2 mm/s

Fuente: Autor

Partes de la máquina

Figura 5. Partes principales del Centro de Mecanizado VMC 800 BRIDGEPORT.



Fuente: Autor

Tabla 9. Partes principales del Centro de Mecanizado VMC 800 BRIDGEPORT.

No.	Detalle
1	Pantalla de visualización
2	Teclado
3	Base de soporte
4	Base de la mesa
5	Mesa de trabajo
6	Portaherramientas
7	Cono portaherramientas
8	Líquido refrigerante
9	Husillo

Fuente: Autor

Herramientas de corte

Las herramientas de corte se clasifican según los materiales de los que están contruidos.

- Herramientas de acero al carbono

- Son de escasa utilización por la dureza y resistencia al desgaste que van perdiendo en el calentamiento producido en el momento del mecanizado. De acuerdo al porcentaje de carbono existente se tienen las siguientes herramientas:

1. Matrices y herramientas de corte y embutido (0,65 a 0,85% de C).

2. Machos de roscar, brocas y fresas (1 a 1,15% de C).

3. Buriles, rasquetas y herramientas de corte (1,3% de C).

- Herramientas de acero aleado

Existen gran cantidad de herramientas de este tipo, pero no soportan las grandes velocidades de corte a las que se someten por ser poco resistentes a las altas temperaturas.

- Herramientas de acero rápido HSS

Este tipo corresponde a un acero aleado pero con los elementos y composición adecuados para lograr un gran número de partículas de carburo, duras y resistentes al desgaste, lo que se consigue mediante un tratamiento térmico. Estos aceros tienen la ventaja de que mantienen su dureza a altas temperaturas, por lo que permite trabajar a mayores velocidades de corte en el mecanizado, para evitar que el filo de la herramienta no supere los 550 °C. El acero rápido convencional moderno es un acero de herramientas con 0,7 a 1,4% de carbono, cantidad variable de cromo, molibdeno, tungsteno, vanadio y cobalto.

- Herramientas de metal duro

Los metales duros empleados para uso en herramientas de corte son aleaciones obtenidas por fusión (de poca aplicación) o por sinterización de los carburos de Cr, Mo, Ta, Ti, V y W y presentan una gran dureza, de 70 a 75 HRC, son muy homogéneos y altamente resistentes al desgaste. Estas herramientas trabajan a mayores velocidades de corte debido a la mayor temperatura que es capaz de soportar el filo de corte, hasta los 1300 °C.

- Herramientas de diamante

Por su gran dureza es el material más resistente al desgaste, pero presenta el inconveniente de que a la vez es frágil, por ello su empleo se limita a mecanizado de corte continuo y con poca profundidad de pasada, además para su conservación no admite que exista vibración en las máquinas. Su campo de aplicación se rige al mecanizado de materiales muy abrasivos, bronce, aleaciones de aluminio, ebonita, cartón comprimido, entre otros.

- Herramientas de cerámica

Por su gran fragilidad; únicamente se utilizan en el mecanizado continuo de materiales homogéneos y en máquinas muy potentes y rígidas. Entre los materiales cerámicos constan la alúmina y los formados por óxidos de otros metales, tales como los de cromo, vanadio y manganeso.

La principal ventaja es que pueden trabajar a una velocidad de corte dos o tres veces mayor a la del metal duro; el filo de corte soporta hasta los 1500 °C

4.1.10 *Informe de la práctica.* Posterior a la realización de la Guía Práctica No.1 los estudiantes deberán elaborar el respectivo informe de la práctica de conformidad con la siguiente estructura:

- Estructura del informe:

Título de la práctica

Integrantes

Objetivos

Instrumentos y equipos

Procedimiento (fotografías)

Análisis de resultados (fotografías)

Conclusiones y Recomendaciones

MANUAL DE OPERACIONES BÁSICAS DEL CENTRO DE MECANIZADO CNC BRIDGEPORT

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



GUÍA PRÁCTICA No.2

4.2 *Guía Práctica No.2*

4.2.1 *Tema.* Operación y funcionamiento del Centro de Mecanizado Vertical CNC BRIDGEPORT VMC 800.

4.2.2 *Equipo Técnico*

- Responsable:

El responsable de dirigir la práctica será el Ing. Ángel Guamán.

- Participantes:

Estudiantes de la asignatura de CAD/CAM, se conformarán grupos de trabajo de cuatro o cinco estudiantes, para que operen el centro de mecanizado de forma simultánea.

4.2.3 *Objetivo General.* Establecer el modo de operación y funcionamiento del Centro de Mecanizado Vertical CNC BRIDGEPORT VMC 800.

4.2.4 *Objetivos Específicos*

- Operar el Centro de Mecanizado Vertical CNC BRIDGEPORT VMC 800.
- Describir las características del controlador DX-32.
- Encender y referenciar la máquina (cero máquina).
- Definir el procedimiento para localizar el cero de la máquina y compensación de la herramienta para una pieza de madera.
- Conocer el modo adecuado de mover la mesa con movimientos rápidos y programados.

4.2.5 *Instrumentos y equipos*

- Centro de mecanizado vertical BRIDGEPORT VMC 800.
- Herramientas de sujeción de cortadores.
- Herramientas de sujeción de piezas.



- Buscador de centros.



- Manual de operación.
- Instrumentos de medición (calibrador).



- Pieza de madera a mecanizar.



- Herramientas de mecanizado (broca)



4.2.6 *Normas de seguridad.* Se cumplirán estrictamente las normas de seguridad indicadas en la guía práctica No.1 “Introducción, partes principales, especificaciones técnicas y seguridades del Centro de Mecanizado Vertical”, en lo correspondiente a las medidas de prevención generales, a las medidas de protección, a la indumentaria de trabajo, a la operación y mantenimiento del centro de mecanizado.

4.2.7 *Consideraciones Teóricas*

4.2.7.1 *Controladores de centros de mecanizado CNC.* El control es el cerebro de una máquina, dirige todas las operaciones necesarias para el mecanizado de una pieza. Desde allí se emiten las órdenes a los motores de avance para el desplazamiento de la pieza y de la herramienta. En caso de requerirse realizar contornos complicados en la pieza de trabajo, el control coordina y sincroniza los movimientos relativos de los diferentes carros, de modo que se mantenga el recorrido prescrito. Además establece las órdenes para la conexión y desconexión del husillo, del refrigerante, del bloqueo de los ejes de los carros, entre otros. Establece el momento en el que se debe hacer el cambio de herramientas y de paletas. Su función se complementa con el almacenamiento de programas y archivos de datos en su memoria interna, correspondientes a herramientas, punto cero, etc. El operario se comunica con el controlador por medio de la pantalla y del teclado (Monteli, 2005).

Para mecanizar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especifica el movimiento de la herramienta de corte, teniendo en cuenta que las principales operaciones que se realizan en las máquinas CNC con las de torneado y fresado. En este

sentido el sistema controlador gobierna los movimientos de la herramienta de trabajo, con relación a los ejes de coordenadas de la máquina, usando un programa informático ejecutado por un ordenador. Por ejemplo, en el caso de las fresadoras se controlan los desplazamientos verticales, que corresponden al eje Z. Para ello se incorporan servomotores en los mecanismos de desplazamiento del carro y la torreta.

La estructura de los centros de mecanizados es muy similar a los sistemas informáticos clásicos, actualmente pueden llegar a formar parte de una red informática. Las partes que componen los controladores de un centro de mecanizado son las siguientes:

Tabla 10. Partes principales del Centro de Mecanizado VMC 800 BRIDGEPORT.

Componente	Descripción
Unidad central de procesamiento o CPU	Es el corazón del sistema. Está compuesto por una estructura informática donde el microprocesador determina la capacidad real de la máquina CNC. Entre las funciones que tiene que realizar se encuentran: <ul style="list-style-type: none"> • Calcular la posición de los ejes y los desplazamientos de la máquina. • Controlar los diferentes modos de funcionamiento de la máquina.
Periféricos de entrada	Son todos los elementos que sirven para suministrar la información a la CPU. Entre los más importantes están los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Reglas ópticas y posicionadores. • Conexión con el ordenador. • Teclado y panel de mandos.
Unidades de almacenamiento de datos	Actualmente los tipos más utilizados son: <ul style="list-style-type: none"> • Disco duro. • Conexión RS232 con ordenador.
Periféricos de salida	Aquellos elementos que sirven para recibir la información que suministra la CPU. Entre los más importantes se destacan: <ul style="list-style-type: none"> • Comunicaciones RS232. • Monitor. • Control de movimiento de los ejes y demás elementos de la máquina. El monitor le informa al operario todos los sucesos que se están produciendo entre los diferentes procesos de comunicación, tanto los datos de entrada como los de salida.
Unidad de enlace, PLC	Una vez procesados los datos por la CPU, se transmite la información a los diferentes órganos de la máquina, para que se proceda a la ejecución. Estos datos no los envía directamente a la máquina sino que lo hace a través de la PLC, también llamado autómatas programables.

Fuente: Grover (2007)

4.3 *Sistema de Control CNC DX-32*

El DX-32 es un sistema de control de las máquinas Bridgeport, Inc. Está integrado por un ordenador PC y un JEFE control (Bridgeport Sistema Operativo Software) CNC. El equipo basado en DOS PC combina la capacidad de funciones completas con la facilidad de uso mediante la incorporación de gráficos en color VGA y varias ventanas que guían al usuario a través de todas las funciones de control.

Para seleccionar las funciones de la máquina se puede trabajar con el teclado; con el objeto de proporcionar una buena visualización, las claves necesarias para realizar las funciones de operador están vinculados a un código de colores, la visualización en pantalla. El DX-32 consta de tres microprocesadores, separadores y coordinadores, que son los siguientes:

- Un PC compatible IBM PC totalmente integrado con los controladores de hardware para un disco duro, un 1,44 MB unidad de disquete 3.5 pulgadas, 14 "de color monitor VGA, con una resolución de 640 x 480 pixeles, un teclado alfanumérico, y RS—232 puertos serie. Este elemento sirve como interfaz de usuario para el sistema, el PC se ejecuta bajo el sistema operativo MS-DOS.
- BMDC, una sola tarjeta Madre 68030 microprocesadora. La NIN también monitorea el estado del sistema y coordina todos los procesos de máquina herramienta relacionados.
- AUF, un controlador de función auxiliar basado en un microprocesador de una placa. Las funciones AUF relacionados, como husillo y el control del refrigerante, trotar, y el control de velocidad de giro. La AUF está conectado a través del enlace, monitorea el estado del sistema y coordina todos los procesos de máquina herramienta.

4.4 *Teclas de funciones*

Los paneles incorporan teclas con las funciones de programación más importantes o usuales de forma explícita, lo que reduce o abrevia la escritura del programa. Dichas funciones aparecen designadas de forma directa con su texto sobre la tecla o con icono que la describe. Las teclas de comandos del ordenador se emplean para la ejecución de

tareas como la corrección, almacenamiento, listado y arranque de los programas CN así como para su emisión hacia los periféricos externos. Los componentes del panel de control se pueden agrupar de forma general en:

- Monitor: que incluye una pantalla CRT, así como un conjunto de diales analógicos o digitales, chivatos e indicadores.
- Mandos para el control máquina: Estos permiten el gobierno manual o directo en actividades análogas a las ejecutadas con una convencional mediante manivelas, interruptores, etc.

Estos controles pueden ser empleados de forma alternativa durante las operaciones programadas para modificar puntualmente el proceso.

- Controles para la programación: Generalmente se presentan como teclados para la edición textual de programas y datos almacenados. Presentan caracteres alfabéticos, números e iconos o símbolos de las funciones que ejecutan.

Para garantizar el funcionamiento correcto de la máquina herramienta de control numérico (MHCN) y la aceptación de las instrucciones por el ordenador, el panel de control presenta un conmutador del modo de operación. Los modos de operación posibles son:

- Programación (edición y gestión)
- Modificación datos herramienta
- Gobierno manual
- Funcionamiento automático

La selección de los modos se lleva a cabo mediante un dial rotativo o con una botonera siendo sencillo el cambio de uno a otro. Cuando un modo está activado generalmente se constata por una señal luminosa en el panel o por él un mensaje de aviso en la pantalla. La pantalla de datos de un sistema CNC pueden desempeñar las siguientes funciones:

- Programación: Muestran el texto de los programas CN (actuando como un editor sencillo) y el listado de nombres de aquellos que están almacenados en la memoria del ordenador.
- Herramientas: Presentan la configuración (dimensiones y correctores) de un conjunto de herramientas almacenadas en memoria. En algunos casos puede aparecer también el tiempo de uso remanente (vida esperada).
- Datos máquina: Muestran algunos parámetros esenciales como, la velocidad máxima del cabezal y de los avances.
- Mecanizado: Es habitual presentar de forma continua las coordenadas de la posición actual de la herramienta activa y los datos cinemáticos en uso (velocidad de giro y avances) así como otras variables de status.
- Funciones auxiliares: Como por ejemplo la representación gráfica de la pieza y de las operaciones de mecanizado y herramientas.

4.5 *Tipos de operaciones de mecanizado*

Los centros de mecanizado permiten realizar una gran variedad de operaciones con herramientas de filos cortantes (torneado, fresado, taladrado), mediante procesos abrasivos (rectificado) o por métodos no convencionales. A su vez, dentro de las operaciones de fresado (que son las más comúnmente ejecutadas en los centros de mecanizado) se trabaja con aplicaciones como: planeado, escuadrado, contorneado, cajeado, ranurado, fresado de formas, taladrado, fresado de superficies complejas, etc.

4.6 *Movimientos de arranque de viruta*

Los movimientos que realizan las herramientas de trabajo pueden ser de corte, de avance, de penetración o de aproximación.

- Movimiento de corte, es el que arranca viruta durante una revolución o carrera.
- Movimiento de avance, combinado con el de corte produce arranque continuo.

- Movimiento de penetración, determina la profundidad de corte.
- Movimiento de aproximación, no arranca material, solamente realiza un acercamiento a la pieza de trabajo.

4.7 *Herramientas de fresado*

Las herramientas de corte en general, son las encargadas de cortar el material en forma de viruta. En el caso de las herramientas de fresado, tienen la particularidad de que se emplean específicamente para un tipo de operación de fresado. La forma, material y dimensiones de las herramientas de fresado son muy variadas, dependiendo de la aplicación que se vaya a efectuar, el tipo de fresado (frontal, periférico de oposición o en concordancia), además se tiene en cuenta el material sobre el que se va a trabajar. Comúnmente las herramientas de fresado están en concordancia con la velocidad de corte y de avance. A continuación se presenta una tabla con diferentes herramientas de fresado de acuerdo a la velocidad de corte y avance a las que se va a trabajar:

Tabla 11. Tipos de herramientas de fresado según la velocidad de corte y avance.

Herramienta	Velocidad de corte Vc (m/min)	Velocidad de avance f_z (mm/diente)
Fresa de planear Ø63 mm. Z=3, plaquitas de MD.	90 (desbaste) 110 (acabado)	0.10 (desbaste) 0.05 (acabado)
Fresa cilíndrica Ø12 mm Z=2, HSS.	20 (desbaste) 25 (acabado)	0.03 (desbaste) 0.01 (acabado)
Broca de centrar Ø 3.15 mm	15	Manual
Broca helicoidal Ø 10	20	Manual
Broca helicoidal Ø 18	20	Manual
Herramienta de chaflanes Z=1	90 (desbaste) 110 (acabado)	0.10 (desbaste) 0.05 (acabado)
Escariador Ø 18	5	0.038
Machos de roscar M5	Manual	Manual
Broca helicoidal Ø 6.75	20	Manual
Broca helicoidal Ø 5	20	Manual
Mandrino micrométrico cuchillas de HSS.	15 (desbaste) 17 (acabado)	0.07 (desbaste) 0.05 (acabado)
Avellanador cónico	15	Manual
Avellanador cilíndrico Ø10.5	15	Manual
Machos de roscar M8	Manual	Manual
Escariador Ø 8	5	0.038
Fresa de disco M=2	Rpm = mínima	Mínima
Broca helicoidal Ø 5.5	20	Manual
Avellanador cilíndrico Ø 9.5	15	Manual
Broca helicoidal Ø 4	20	Manual

Broca helicoidal Ø 6.5	20	Manual
Broca helicoidal Ø 17.5	20	Manual
Machos de roscar M6	Manual	Manual
Fresa cilíndrica ø6 mm Z=2, HSS.	20 (desbaste) 25 (acabado)	0.03 (desbaste) 0.01 (acabado)
Fresa cilíndrica Ø 8 mm Z=2, HSS.	20 (desbaste) 25 (acabado)	0.03 (desbaste) 0.01 (acabado)

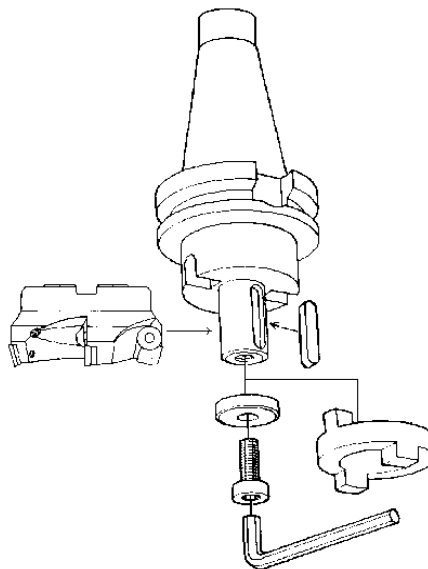
Fuente: Instituto de Máquina Herramienta (2003).

La información mostrada en la tabla 11 es de carácter general, en caso de necesitar mayores detalles y tomando en cuenta que es necesario considerar el material a mecanizar, se presenta información más detallada en los Anexos A, B y C. del presente trabajo.

4.8 *Montaje de las herramientas*

Una de las formas posibles es en montaje directo, la parte activa se monta directamente sobre el cuerpo de mango cónico, sujetándose mediante un tornillo de la forma que se indica en la figura 6. En este sistema se pueden montar herramientas de diversos diámetros.

Figura 6. Esquema del montaje directo.

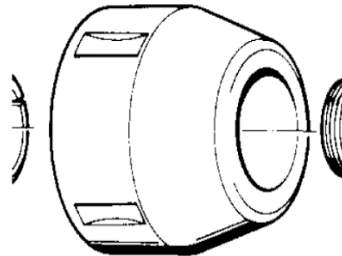


Fuente: Autor

El montaje también se puede realizar mediante pinzas, cuando se van a utilizar herramientas de mango cilíndrico tales como bailarinas, brocas de centrado, brocas de mango cilíndrico, avellanadores etc. La pinza se seleccionará en concordancia al

diámetro del mango de la herramienta. Se debe tener cuidado de montar la pinza en la tuerca antes de empezar a enroscar ésta en el cuerpo, ya que de no hacerlo, en el desmontaje la pinza quedará empotrada en él.

Figura 7. Esquema del montaje mediante pinzas.

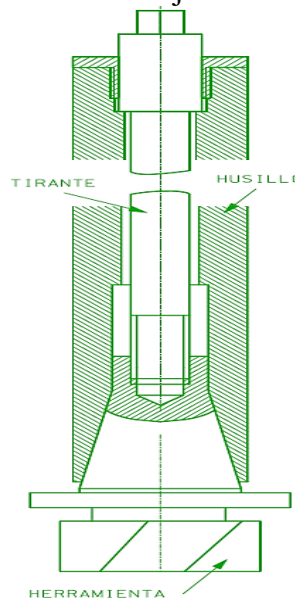


Fuente: Autor

4.9 *Sujeción de las herramientas*

Posterior al montaje de la herramienta, se sujeta ésta directamente en el husillo de la máquina, consiguiéndose una gran robustez y precisión de montaje. La sujeción de la herramienta se realiza mediante un tirante roscado, el cual amarra el portaherramientas en el eje principal de la máquina. A continuación se presenta una figura ilustrativa de este modo de sujeción:

Figura 8. Esquema de la sujeción de la herramienta.



Dada la precisión de ajuste del cono portaherramientas en el alojamiento del eje, cuando se intenta desmontarlo, se observa que al soltar el tirante el portaherramientas no sale,

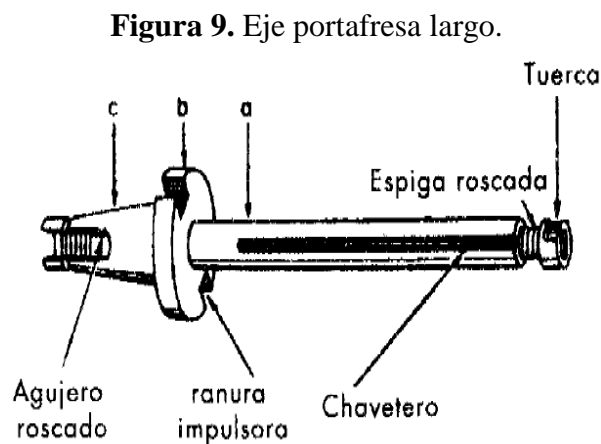
teniendo que dar un golpe al tirante para así poder liberar el portaherramientas. En esta operación se debe tener la precaución de dar el golpe antes de desenroscar totalmente el tirante, porque de lo contrario la herramienta probablemente se caerá y con el paso del tiempo la entrada de la rosca se ira deteriorando.

4.10 *Ejes portafresas*

Los ejes portafresas son accesorios que se emplean para sujetar las fresas, que permiten también la transmisión del movimiento del husillo. Estos elementos suelen fabricarse de acero duro aleado, por ejemplo acero al cromo – níquel, mediante tratamiento térmico y/o acabado muy lisos y preciso.

La selección de los ejes se corresponde directamente con el tipo de fresa que se va a montar y el tipo de trabajo. De este modo se tienen ejes portafresas largos y cortos.

A continuación se presenta una figura en donde se aprecia la constitución de un portafresa largo:



En la figura:

- a. Eje cilíndrico.
- b. Collar impulsor.
- c. Cuerpo cónico.

El eje roscado en el cuerpo cónico permite la fijación del extremo de la barra de apriete (tirante) con el fin de asegurar su ubicación en el husillo. Las ranuras del collar

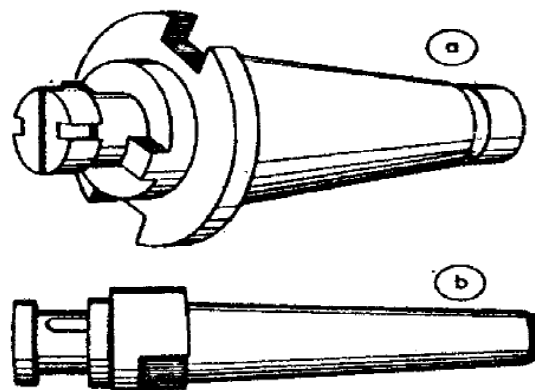
impulsor (que son 2) encajan en las chavetas de arrastre del husillo, evitando que el eje portafresa se deslice mientras se transmite el movimiento desde la caja de velocidades. El chavetero del eje cilíndrico, en el que se fija la fresa, permite al colgarle la chaveta que la herramienta transmita la potencia y el giro del husillo, de modo que no resbale al entrar en contacto con la pieza, permitiendo además la profundidad de corte deseada. La espiga roscada, que va en el extremo del eje cilíndrico, recibe una tuerca que aprieta y fija la fresa en su posición definitiva a través de los anillos separadores, impidiendo su salida del eje.

Adicionalmente existen elementos que complementan el uso y montaje del eje portafresa, entre los cuales se pueden mencionar: el tirante de fijación, los anillos separadores, el buje guía

En cambio, los ejes portafresa cortos o mandriles portafresas, básicamente cumplen una función similar a los ejes largos, sin embargo, su diferencia consiste en que el eje cilíndrico largo ahora es muy corto o bien se ha eliminado por completo. Por esta condición se pueden clasificar los ejes cortos en los que se utilizan para fresas con agujeros y los que van para fresas con espiga.

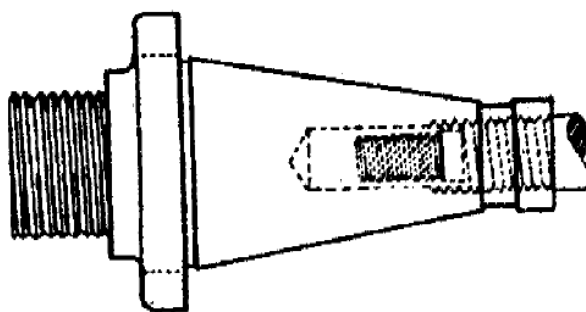
Para fresas con agujero pueden ser de agujero liso o de agujero roscado. A continuación se presentan ilustraciones de estos dos tipos de ejes, en las figuras 10 y 11, respectivamente:

Figura 10. Eje portafresa corto para fresas con agujeros liso.



- a. Para fresas con chavetero transversal.
- b. Para fresas con chavetero longitudinal.

Figura 11. Eje portafresa corto para fresas con agujeros roscado.



Para fresas con espiga se dispone de una variedad de ejes portafresa cortos para fresas con espiga cónica y ejes para fresas con espiga cilíndrica, cuya forma se ilustra en las figuras 12 y 13:

Figura 12. Eje portafresa corto para fresas con espiga cónica.

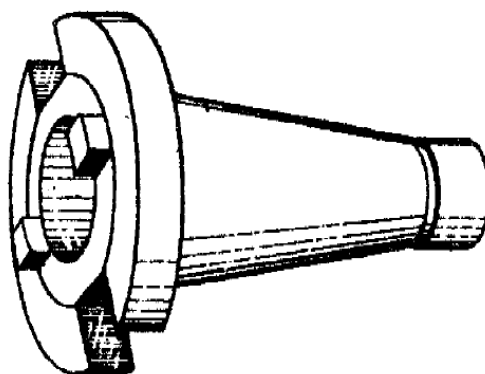
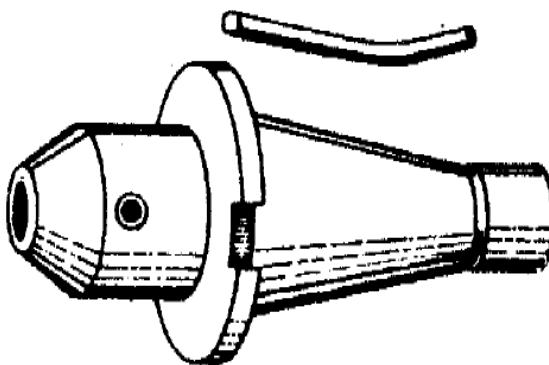


Figura 13. Eje portafresa corto para fresas con espiga cilíndrica.



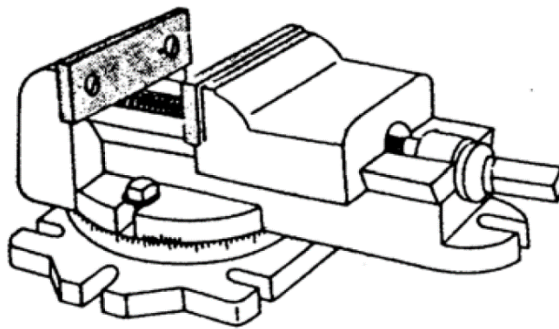
Previo el montaje es necesario verificar que la rosca de la barra de apriete corresponda a la del eje portafresa; una vez usados los portafresas deben ser cubiertos con una capa de vaselina y ubicados en lugares donde no haya peligro de golpes.

4.11 *Sujeción de piezas*

La sujeción de las piezas se puede realizar de algunas maneras, entre las que se mencionarán las siguientes:

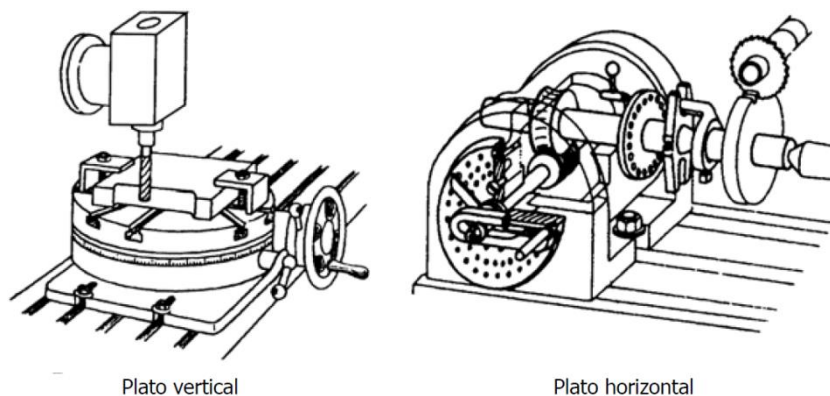
- Sujeción con mordazas o tornillos de máquina, la pieza se sujeta por presión y su accionamiento es mecánico, neumático o hidráulico. Además, en función de los grados de libertad, las mordazas pueden ser sencillas, giratorias o universales.

Figura 14. Mordazas para sujeción de las piezas.



- Sujeción con platos divisores, permiten sujetar y girar la pieza de trabajo, siendo posible el trabajo en varias orientaciones. A su vez la sujeción de la pieza puede ser al aire, entre plato y punto o entre puntos.

Figura 15. Platos para sujeción de las piezas.

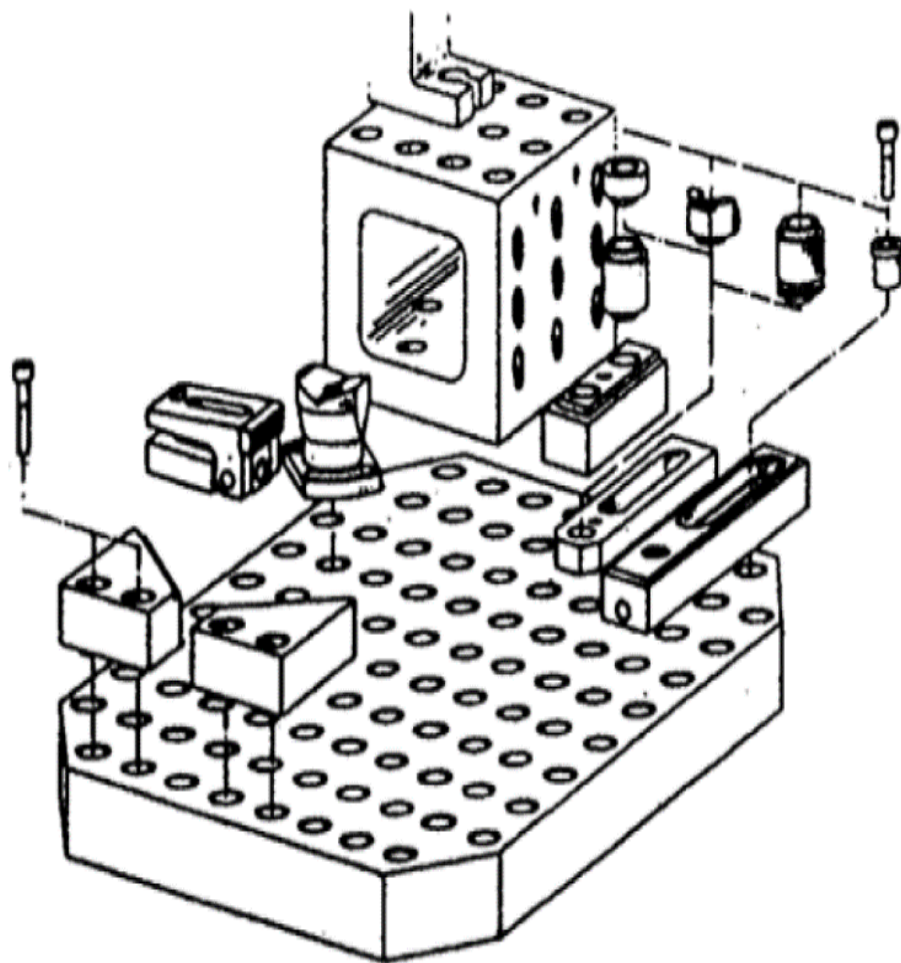


- Sujeción directa sobre la mesa, este modo es empleado para trabajar con piezas grandes, para ello la pieza se fija mediante el uso de bridas, tornillos, calzos o

cuñas. Es importante mencionar que se requiere direccionar adecuadamente los esfuerzos, para evitar que la sujeción falle.

- Sujeción modal, se basa en el uso de una placa base con agujeros o ranuras, los elementos de sujeción pueden ser bridas o posicionadores. Este sistema tiene la ventaja de que permiten un adaptarlo a una multitud de piezas e inclusive son configurables por CAD, en conformidad con los criterios de estandarización. A continuación se presenta una figura ilustrativa:

Figura 16. Sistema de sujeción modal de las piezas.



4.12 *Cero pieza*

Toda máquina CNC requiere un punto cero para referenciar las coordenadas, sin ello no es posible ninguna operación, este punto representa el origen de coordenadas y generalmente es el lugar donde la máquina se ubica para el cambio de herramientas.

A su vez, toda herramienta a utilizar debe registrarse para que la máquina calcule sus coordenadas respectivas. El siguiente paso es encontrar el punto cero de la pieza a trabajar usando el buscador de centros.

Al iniciar una programación se debe conocer donde referenciar todas las medidas de la pieza a mecanizar. Este punto de referencia se lo denomina cero pieza y es el programador quien decide cuál será su ubicación y es el primer paso que se debe hacer al momento de mecanizar una pieza. Los planos para la ejecución de la pieza deben indicar donde se encuentra el cero pieza.

4.13 *Compensación de la herramienta*

Existen varias herramientas con diferentes longitudes y radios que deben ser compensadas para la pieza que se vaya a mecanizar. El proceso de compensación de la herramienta consiste en referenciar o compensar longitudinalmente en el eje z todas las herramientas existentes, además de la compensación radial de las mismas y que la información de éstas sea guardada en la memoria del centro de mecanizado, de manera que pueda ser utilizada cada vez que se vaya a mecanizar una pieza de iguales características a la pieza patrón.

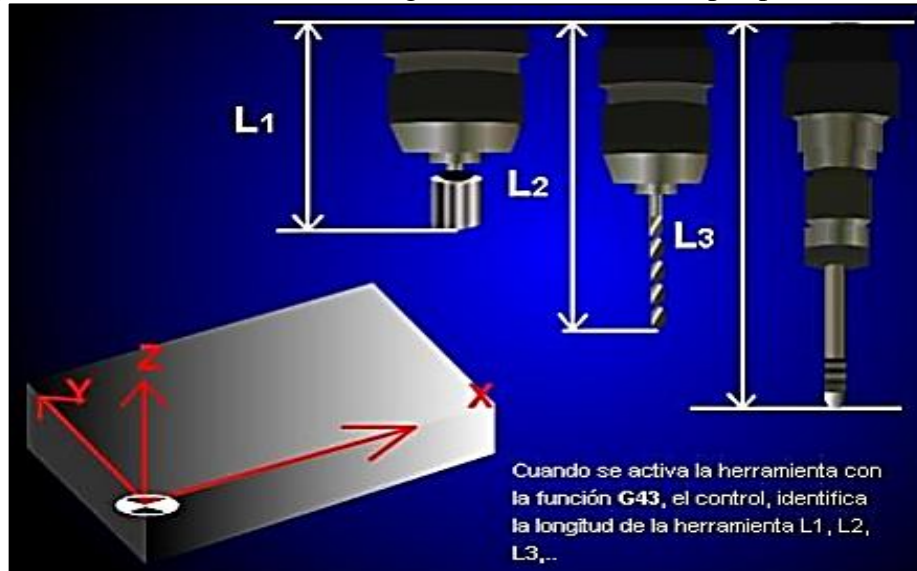
Existen dos maneras para compensar las herramientas en un centro de mecanizado vertical:

- La primera es con referencia a una herramienta patrón. Esto se hace tomando como patrón la altura de una herramienta con referencia a una pieza y las demás herramientas quedaran compensadas con respecto a la herramienta patrón, este método es poco recomendable, ya que si por algún accidente se llegara a romper la herramienta patrón las otras herramientas quedarían descompensadas, esto se genera por que al hacer el montaje de una nueva herramienta esta no quedará a la misma altura, y cualquier variación en esta afectaría el resto de herramienta y con esto ocasionará accidentes, como por ejemplo que la fresa se estrelle con la pieza que se desea maquinar.

- La segunda opción es utilizar como patrón para referenciar los ceros de la máquina; ésta posición es la dada por el fabricante del centro de mecanizado y es la manera más recomendable que hay para compensar herramientas, ya que como todas estarán compensadas con respecto al cero máquina, en el caso que una herramienta se rompa solo basta con montar la nueva herramienta y compensarla y las otras herramientas no se verán afectadas.

Para poder utilizar esta segunda opción se debe hacer uso de ciertos códigos CNC como lo son: Códigos G43 activar la compensación de la herramienta en longitud códigos G44 desactivar programación con respecto al cero de pieza. La siguiente figura indica la compensación de herramientas desde un cero pieza:

Figura 17. Identificación de la longitud de la herramienta por parte del control.



4.13.1 *Procedimiento.* La práctica tiene como finalidad inducir a los estudiantes en la operación y el funcionamiento del Centro de Mecanizado Vertical VMC 800 Bridgeport, por lo que a continuación se describen las funciones a realizar por parte del estudiante:

- **ENCENDIDO DEL CENTRO DE MECANIZADO**

1. Identifique la composición del panel de control revisando la guía No.1 y con ayuda del manual de operación de la máquina.



Tabla 12. Partes principales del panel de control VMC 800 BRIDGEPORT.

No.	Detalle
1	Monitor o pantalla
2	Control alfa numérico
3	Control operacional o mandos para el control de la máquina

Fuente: Autor

2. Encienda el centro de mecanizado



Para encender el centro de mecanizado se debe dirigir a la parte posterior derecha de la máquina.



Gire la manilla en sentido anti-horario para encender el centro de mecanizado.
Encendida la máquina se activa el paso de aire.



En la parte posterior izquierda de la máquina está ubicada la unidad de mantenimiento para activarlo se sujeta el paso de aire de color rojo y se impulsa hacia arriba.



A continuación se ubica en el panel de control del centro de mecanizado que está ubicado en la parte frontal del mismo.



En la pantalla aparece un aviso de color rojo con la frase “ALARM DRIVERS” que indica que los driver están apagados y para encenderlos se presiona la tecla del número 7 y ENTER.

Se envía los ejes XYZ a home presionando la tecla del número 8 y ENTER.

La máquina preguntará si desea activar el programa anterior, para activar se presiona la letra Y o la letra N para no hacerlo, es recomendable pulsar “N” y ENTER.

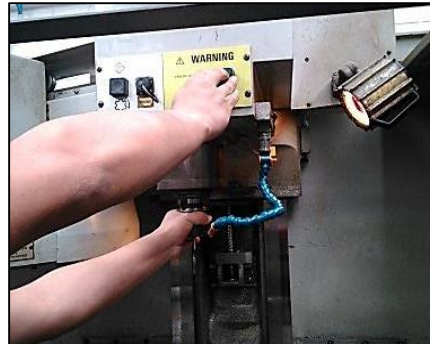
- **Montaje de la herramienta y cero pieza**

Tener las herramientas que se van a utilizar.

Tomar el cono que contiene la herramienta deseada.



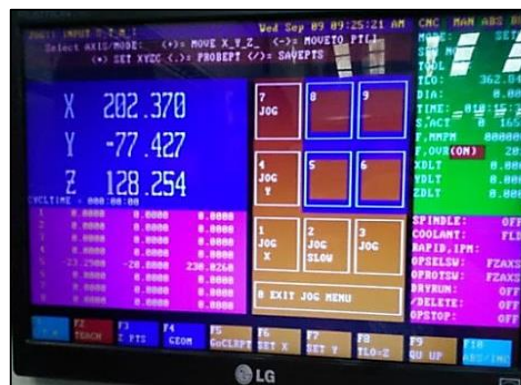
Ubicar el cono en el cabezal, para ello se debe oprimir el pulsador color verde y a la vez coincidir con la ranura.



Para encerrar la pieza o definir el cero pieza se debe cambiar de pantalla, para ello se pulsa la tecla del número 0.



A continuación se pulsa la tecla del número 9 y ENTER, así estará en modo manual y se podrá manipular los ejes XYZ. Aparecerá la siguiente pantalla:

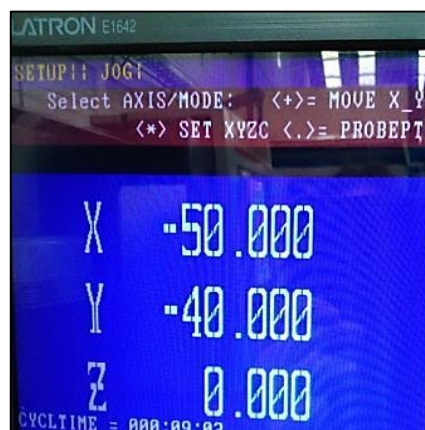


Para poner en modo manual el eje Z se pulsa la tecla del número 7 y ENTER.

En la parte izquierda del control está ubicada una perilla de color negro, que sirve para mover la herramienta según los ejes requeridos. Se debe coincidir la herramienta hacia la pieza para ello se manipula la perilla en sentido horario y con ello la herramienta descenderá en el eje z.



El encendido del eje Z estará correcto cuando Z indique 0.000, para este paso se pulsa la tecla F8 y se encera la herramienta con respecto a la pieza.

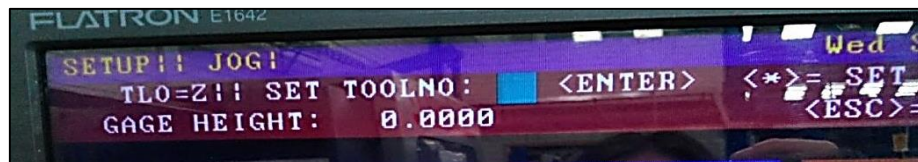


Posterior se ingresa el número de la herramienta con la que se trabajará, para este paso en la parte izquierda del control están ubicados pulsadores que dan un movimiento ascendente y descendente de la herramienta en el eje z.

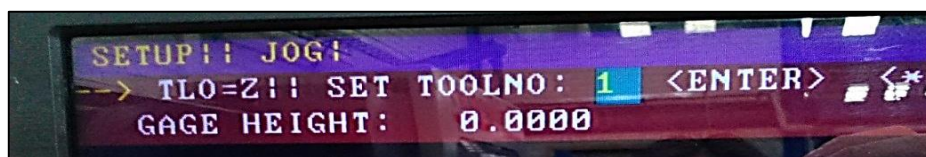


Realizar un pulso en el botón color negro que se indica con una flecha hacia arriba.

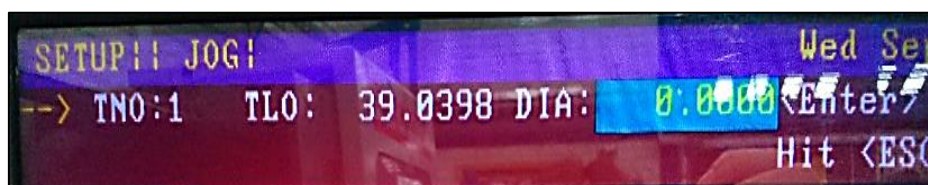
En la parte superior de la pantalla pide que se ingrese el número de la herramienta.



Pulsamos la tecla del número (herramienta) y ENTER.



En la parte superior se indica el ingreso del diámetro de la herramienta. Se presiona la cantidad del diámetro y ENTER.



Para encerrar en X,Y se realiza con el buscador de centros siguiendo los pasos mencionados anteriormente, lo único que cambia es que se debe dividir para 2 la longitud total, de esa manera el mecanizado siempre iniciará en el centro de la pieza.



A partir de esta pantalla se presiona la tecla del número 4 y ENTER así estará en modo manual el eje Y.

Manipular la perilla para tomar la medida total en el eje Y, utilizando el buscador de centros. El resultado del eje Y será de una longitud total al cual se lo debe reducir por la mitad.

Se pulsa la tecla F7 para encerrar la herramienta con respecto a la pieza.

A partir de la pantalla para manipular en modo manual, se presiona la tecla del número 1 y ENTER así estará en modo manual el eje X.

Manipular la perilla para tomar la medida total en el eje X, utilizando el buscador de centros. El resultado del eje X será de una longitud total al cual se lo debe reducir por la mitad.

Se pulsa la tecla F6 para encerrar la herramienta con respecto a la pieza.

Para el cambio de herramienta se presiona la tecla de número 0 hasta encontrar la siguiente imagen de la pantalla.



Pulsar la tecla F4, cuando cambie de pantalla pulsar la tecla que contiene al modo MDI teniendo la pantalla de a continuación:



Ingresar el número de herramienta que se va a utilizar T (número) M6.



Pulsar la tecla ESC y seguidamente pulsar F2 para salir.

- ***Ingreso de la programación a la máquina***

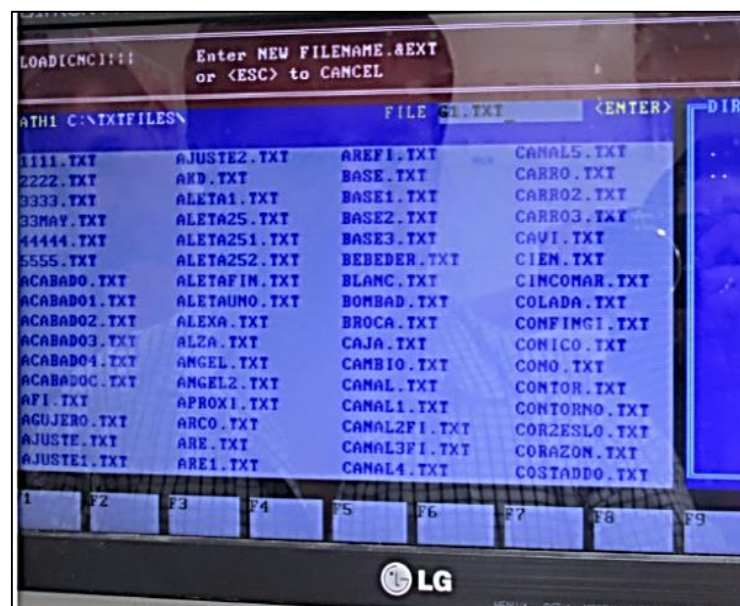
Presionar la tecla del número 0 y cambiar la pantalla hasta encontrar la siguiente:



A continuación pulsar la tecla del número 4 para cargar el programa.

Pulsar la tecla del número 2, para recibir los datos, posteriormente se presiona la tecla F3 para cargar el programa.

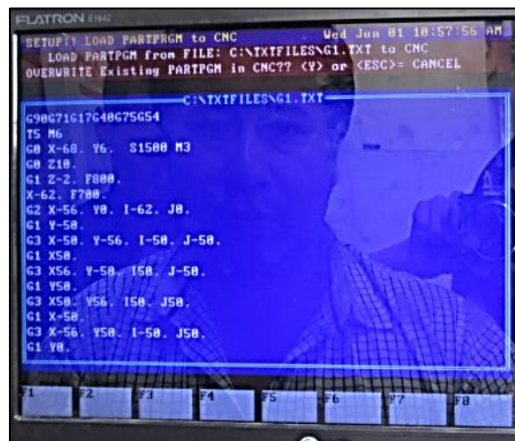
Se pide ingresar el nombre del programa a cargar y para ello se pulsa la tecla del signo “+” y a continuación se escribe el nombre del programa utilizando la extensión .TXT.



Una vez escrito el nombre del programa a cargar se debe cambiar de imagen de la pantalla y para ello se presiona las teclas ESC y F2 para salir de la pantalla, y cambiamos la pantalla con la tecla del número 0.

Pulsar la tecla F7 para cargar el programa recibido y ENTER.

Pulsar la tecla del signo “+”, para cambiar el nombre del programa y escribir el nombre del programa escrito anteriormente utilizando la extensión .TXT y ENTER.



La máquina preguntará si desea activar el programa anterior, se puede pulsar la letra Y si lo desea, y la letra N si no desea, es recomendable pulsar “Y” y ENTER.

Pulsar la tecla F4 para correr el programa y la tecla del número 1 para que funcione de manera automática.



Finalmente pulsar el botón verde para que inicie el ciclo de mecanizado del programa.



- ***Apagado de la máquina***

Pulsar el botón de detención de avance.

Pulsar el paro de emergencia.

Cerrar el paso de aire.

Apagar el interruptor principal.

4.13.2 *Realización de la práctica.* Debe documentar la práctica realizada y evidenciar con fotografías del trabajo realizado.

4.13.3 *Informe de la práctica.* Posterior a la realización de la Guía Práctica No.2 los estudiantes deberán elaborar el respectivo informe de la práctica de conformidad con la siguiente estructura:

- Estructura del informe:

Título de la práctica

Integrantes

Objetivos

Equipos y materiales

Descripción de la práctica y procedimiento

Análisis de resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Anexos

Nota: En el análisis de resultados siga el siguiente procedimiento:

1. Valiéndose de gráficos, describa la función de cada tecla del panel de control del centro de mecanizado vertical VMC 800 Bridgeport.
2. Esquematice las posibles formas de sujetar piezas cilíndricas.
3. Consulte si es posible cambiar el cero máquina de esta o cualquier maquina CNC, sustente su respuesta.
4. Describa otro procedimiento diferente con el cual se puede hallar el cero pieza.
5. Especifique como realizó la compensación de la longitud de herramienta.
6. Elaborar un flujograma del encendido y la compensación de la herramienta.

MANUAL DE OPERACIONES BÁSICAS DEL CENTRO DE MECANIZADO CNC BRIDGEPORT

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



GUÍA PRÁCTICA No.3

4.14 *Guía Práctica No.3*

4.14.1 *Tema.* Programación en códigos “G”

4.14.2 *Objetivo General.* Familiarizarse con los principales códigos “G” o ISO/EIA en la realización de programas CNC.

4.14.3 *Equipo Técnico*

- Responsable:

El responsable de dirigir la práctica será el Ing. Ángel Guamán.

- Participantes:

Estudiantes de la asignatura de CAD/CAM, se conformarán grupos de trabajo de cuatro o cinco estudiantes, para que operen el centro de mecanizado de forma simultánea.

4.14.4 *Objetivos Específicos*

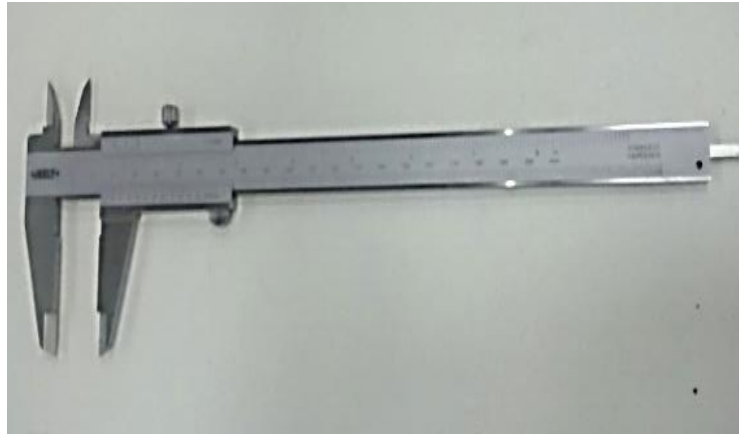
- Identificar los principales sistemas de coordenadas utilizados en programación CNC.
- Utilizar el panel de operaciones para programar el Centro de Mecanizado.
- Calcular la velocidad de corte, velocidad de avance y tiempo principal.
- Conocer la estructura de un programa CNC.
- Realizar programas.
- Aplicar la interpolación lineal en la creación de programas en códigos “G”.
- Comprobar y ejecutar programas en vacío.

4.14.5 *Instrumentos y equipos*

- Centro de Mecanizado Vertical BRIDGEPORT VMC 800 – 22.
- Trozo de madera de 200 x 200 x 50 mm.
- Fresa END MILL, HSS, de Ø 1/8 plg.
- Tornillo de máquina o bridas escalonadas.
- Llaves para sujeción.



- Manual de Operación.
- Instrumentos de medición y planos de piezas.



4.14.6 *Normas de seguridad*

Se cumplirán estrictamente las normas de seguridad indicadas en la guía práctica No.1 “Introducción, partes principales, especificaciones técnicas y seguridades del Centro de Mecanizado Vertical”.

En lo correspondiente a las medidas de prevención generales, a las medidas de protección, a la indumentaria de trabajo, a la operación y mantenimiento del centro de mecanizado.

4.14.7 *Consideraciones Teóricas*

4.14.7.1 ***Estándares ISO / EIA.*** Son estándares de instrucciones de programación en códigos, que permiten a la máquina herramienta llevar a cabo ciertas operaciones en particular.

Todos los programas CNC deben tener un nombre o un número de identificación y están compuestos por bloques sucesivos, que son instrucciones para el control.

Los bloques de programación se ejecutan en un determinado orden, según su numeración (en caso de tenerla) o de acuerdo a su posición.

Además, la numeración de los bloques puede ser de uno en uno, de cinco en cinco, de diez en diez, etc. Esto permite introducir bloques intermedios sin alterar toda la numeración.

La numeración debe ser siempre creciente, en caso de que exista un bloque cuyo número sea menor al anterior, el control detiene la ejecución del programa.

De acuerdo a la naturaleza de las instrucciones que se quieren dar a conocer, se emplean distintas letras para las codificaciones respectivas.

Además dentro de cada bloque se sigue el orden establecido de izquierda a derecha, aunque no es necesario que consten todos los ítems.

La programación puede realizarse en sistema métrico (mm) o en pulgadas (in).

A continuación, en la Fig.18 se presentan las principales letras empleadas para la codificación en máquinas CNC:

Figura 18. Letras empleadas para la programación CNC y su significado.

N G X Y Z F S T M

Número del bloque
Instrucción de movimiento (Go)
Cota según eje X
Cota según eje Y
Cota según eje Z
Velocidad de avance (Feed)
Velocidad del husillo (Speed)
Nro. de Herramienta (Tool)
Funciones Auxiliares

Fuente: Universidad Nacional de La Plata (2011).

- ***Significado de los códigos***

N: Numeración de registros, es la letra que caracteriza el número de orden del bloque.

G: Comandos de recorrido, le indican a la maquina los movimientos que debe realizar.

También se denominan funciones preparatorias y básicamente controlan el modo en

el que la máquina va a realizar un trazado, así como la forma como se va a desplazar sobre la superficie de la pieza que está trabajando.

Encabezan las longitudes de los desplazamientos según los ejes (X), (Y) y (Z). las siguientes letras características.

X: De la coordenada X.

Y: De la coordenada Y.

Z: De la coordenada Z.

F: Indica la velocidad de avance en milímetros/minuto.

S: Letra característica de la velocidad de rotación del husillo en r.p.m.

T: Letra característica de la definición de las herramientas.

M: Funciones misceláneas o auxiliares, se emplean para programar las funciones especiales de la máquina, estos códigos sirven para preparar el funcionamiento de la máquina.

- ***Códigos G***

Los códigos G son comandos preparatorios, que van asociados a otros comandos específicos para dar forma completa a su sentido. Estos códigos se relacionan con acciones que están en coordinación directa con el corte en la máquina-herramienta y la mayoría de ellas están definidas en el estándar RS-274-D de la EIA.

Adicionalmente los códigos G se subdividen en modales y no modales, los primeros se refieren a los que actúan hasta que otro código del mismo grupo los modifique (la instrucción permanece activa hasta que sea reemplazada por otra, mientras que los no modales actúan solamente en el bloque en el cual aparecen.

Otro aspecto importante es la existencia de códigos modales, que son los que asume la máquina por defecto. Los códigos G corresponden a los del controlador DX-32, que se establecen en el rango de 00 a 199, conforme se detallan a continuación:

Tabla 13. Códigos G. Instrucciones de movimiento de las funciones preparatorias.

Código	Tipo	Función	Detalle
G00	Modal	Posicionamiento lineal rápido (sin maquinar)	Avance lineal del cortador a velocidad alta, sin aplicar corte.
G01	Modal	Interpolación lineal (avance de maquinado)	Avance lineal del cortador a velocidad programada, para cortar.
G02	Modal	Interpolación circular horaria	Avance circular del cortador en el sentido de las manecillas del reloj, a velocidad programada.
G03	Modal	Interpolación circular anti-horaria	Avance circular del cortador en el sentido opuesto a las manecillas del reloj, a velocidad programada.
G04	No modal	Parada, permanencia o espera con temporización	Pausa, acompañada de una letra X, se detiene la herramienta un tiempo determinado.
G08	No modal	Anular desaceleración modal desactivado	
Código	Tipo	Función	Detalle
G09	No modal	Anular desaceleración modal activado	
G12	Modal	Interpolación helicoidal CW	Avance helicoidal del cortador en el sentido de las manecillas del reloj a velocidad programada, para cortar.
G13	Modal	Interpolación helicoidal CCW	Avance helicoidal del cortador en el sentido contrario a las manecillas del reloj a velocidad programada, para cortar.
G17	Modal	Selección del plano XY	Indica al control que trabaje en el plano XY. El control siempre asume esta instrucción por defecto, es decir, cuando arranca la máquina, el control asume que el trabajo se va a llevar a cabo en el plano XY.
G18	Modal	Selección del plano XZ	Indica al control que trabaje en el plano XZ.
G19	Modal	Selección del plano YZ	Indica al control que trabaje en el plano YZ.
G22	Modal	Interpolación circular, entrada de redondeo CW	
G23	Modal	Interpolación circular, entrada de redondeo CCW	
G30	Modal	Imagen de espejo desactivado	
G31	No modal	Imagen de espejo en X activado	
G32	No modal	Imagen de espejo en Y activado	
G40	Modal	Cancelación de compensación de diámetro e la fresa	Anula o desactiva la compensación del diámetro de la fresa.
G41	Modal	Compensación de la fresa a la izquierda de la línea de desplazamiento	La compensación se realiza cuando se tiene que contornear. Se debe dejar como mínimo una distancia entre ejes de más de 1 milímetro entre la posición actual de la herramienta y la futura

			posición que ocupará la herramienta.
G42	Modal	Compensación de la fresa a la derecha de la línea de desplazamiento	La compensación se realiza cuando se tiene que contornear. Se debe dejar como mínimo una distancia entre ejes de más de 1 milímetro entre la posición actual de la herramienta y la futura posición que ocupará la herramienta.
G44	Modal	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación normal	Permite compensar diferencias de longitud existentes entre la herramienta programada y la herramienta que se va a utilizar, a la velocidad normal.
G45	Modal	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación modificada	Permite compensar diferencias de longitud existentes entre la herramienta programada y la herramienta que se va a utilizar, a velocidad modificada.
G48	Modal	Redondeo en las esquinas en compensación de la fresa desactivado	
Código	Tipo	Función	Detalle
G49	Modal	Redondeo en las esquinas en compensación de la fresa activado	
G54	Modal	Compensación de la altura de la pieza	
G70	Modal	Programar datos en pulgadas	La entrada de los datos se asume en pulgadas.
G71	Modal	Programar datos en milímetros	La entrada de los datos se asume en milímetros.
G72		Transformación desactivado	
G73		Transformación / rotación, escala	
G74		Entrada de círculo multi-cuadrante desactivado	
G75		Entrada de círculo multi-cuadrante activado	
G77		Ciclo de la fresa en zigzag	
G78		Ciclo de la fresa en pocket	
G79		Ciclo de la fresa en perforado	
G80		Ciclo de taladrado desactivado	
G81		Ciclo Z, taladrado (alimentar, salida rápida)	
G82		Ciclo Z, punto de cara (alimentar, salida rápida)	

G83		Ciclo Z, agujero profundo (salida rápida)	
G84		Ciclo Z, agujero profundo (salida rápida)	
G85		Ciclo Z, agujero profundo (salida rápida)	
G86		Ciclo Z, agujero (alimentar, parada-espera, alimentar a cabo)	
G87		Ciclo Z, ruptura de la viruta (salida rápida)	
G89		Ciclo Z, agujero (alimentar, taladrar, alimentar a cabo)	
Código	Tipo	Función	Detalle
G90	Modal	Desplazamiento en modo absoluto	Comando para hacer uso de coordenadas absolutas.
G91	Modal	Desplazamiento en modo incremental o relativo	Comando para hacer uso de coordenadas incrementales o relativas.
G92	No modal	Desplazamiento del área de trabajo hasta el origen del sistema	Control de la programación del punto cero absoluto, o cero de pieza.
G94	Modal	Modo velocidad de avance por minuto	Avance programado sobre unidad de tiempo (mm/min ó pulg/min)
G95	Modal	Modo velocidad de avance por revolución del husillo	Avance programado sobre revolución (mm/rev ó pulg/rev)
G96		Restaurar la base del programa del sistema de coordenada	
G97		Trabajo en conjunto del sistema de coordenadas	
G99		Anulación de desaceleración	
G170		Fresar marco exterior	
G171		Fresar marco interior	
G172		Fresar marco de bolsillo	
G173		Fresar cara exterior	
G174		Fresar cara interior	
G175		Fresar círculo exterior	
G176		Fresar círculo interior	
G177		Fresar círculo de bolsillo	
G179		Fresar ranura	

G180-189		Ciclo Z (similar a G81-G89) multi agujeros	
G191-199		Ciclo Z (similar a G81-G89) marco de agujeros	

Fuente: Manual de la máquina Bridgeport.

- **Códigos M**

Los códigos M corresponden a las funciones misceláneas o auxiliares, estos códigos son empleados para producir diferentes acciones en la máquina, básicamente sirven para preparar el funcionamiento de la máquina.

Estos códigos no pueden ser programados con otras funciones, deben ir en bloques exclusivos y pueden incluirse hasta siete en un mismo bloque.

Las funciones M más utilizadas son las siguientes:

Tabla 14. Códigos G. Instrucciones de movimiento de las funciones misceláneas.

Código	Función
M00	Parada del programa
M01	Parada opcional u optativa del programa
M02	Final y reset del programa
M03	Arranque del husillo en el sentido horario
M04	Arranque del husillo en el sentido anti horario
M05	Parada del husillo (se ejecuta al final del bloque)
M06	Cambio programado de la herramienta
M07	Activa o abre el paso del refrigerante B
M08	Activa o abre el paso del refrigerante A
M09	Parar o apagar el paso del refrigerante (se ejecuta al final del bloque)
M10	Abrir las mordazas o prensa de trabajo
M11	Cerrar las mordazas o prensa de trabajo
M13	Hacer girar el husillo en sentido horario y abrir el paso de refrigerante
M14	Hacer girar el husillo en sentido anti horario y abrir el paso de refrigerante
M30	Finalizar el programa y reseteo de las variables (el puntero de ejecución vuelve al inicio).
M37	Frena el husillo
M38	Abrir la guarda o compuerta
M39	Cerrar la guarda o compuerta
M62	Activar la salida auxiliar 1
M63	Activar la salida auxiliar 2
M64	Desactivar la salida auxiliar 1
M65	Desactivar la salida auxiliar 2
M67	Espera hasta que la entrada 2 esté en ON
M71	Activar el espejo en Y

M80	Desactivar el espejo en X
M81	Desactivar el espejo en Y
M98	Llamada a un subprograma
M99	Fin y retorno de subprograma

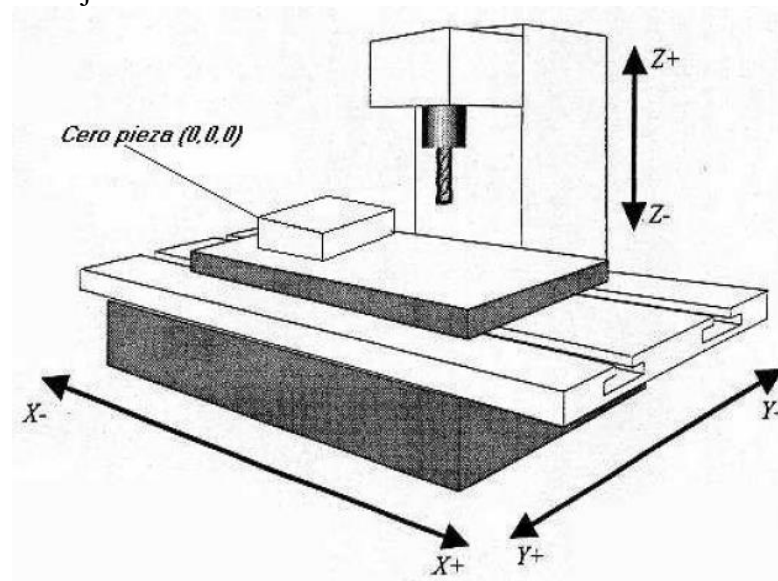
Fuente: Universidad Nacional de La Plata (2011).

- ***Ejes y sistema de coordenadas***

Un centro de mecanizado tiene tres ejes rectilíneos y pueden presentar ejes giratorios. En el caso de los primeros se suele denominar como eje X al que indica desplazamiento longitudinal de la mesa de trabajo, eje Y al que se refiere al desplazamiento transversal de la misma y Z al eje de movimiento vertical.

En cambio los ejes rotativos se denominan como A, B y C, dependiendo si están sobre los ejes X, Y o Z, respectivamente. A continuación se presenta una imagen ilustrativa al respecto.

Figura 19. Ejes de movimiento rectilíneo en un centro de mecanizado CNC.



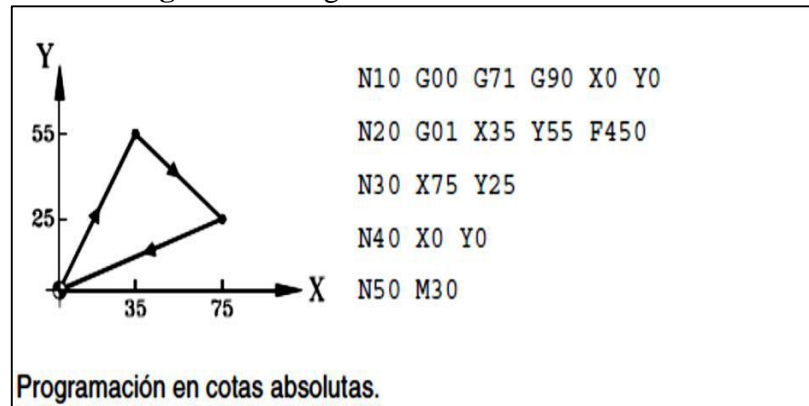
Fuente: Díaz del Castillo (2008 p. 21)

- ***Coordenadas absolutas***

En el modo de programación absoluto, las posiciones de los ejes son medidas desde la posición cero actual (cero pieza) establecido. De acuerdo al movimiento de la herramienta, esto significa que la dimensión absoluta describe la posición a la cual debe ir la herramienta. Para trabajar con estas coordenadas se emplea el código G90.

Cuando se programa en cotas absolutas (G90), las coordenadas del punto están referidas al origen del sistema de coordenadas establecido, generalmente el de la pieza.

Figura 20. Programación en cotas absolutas.



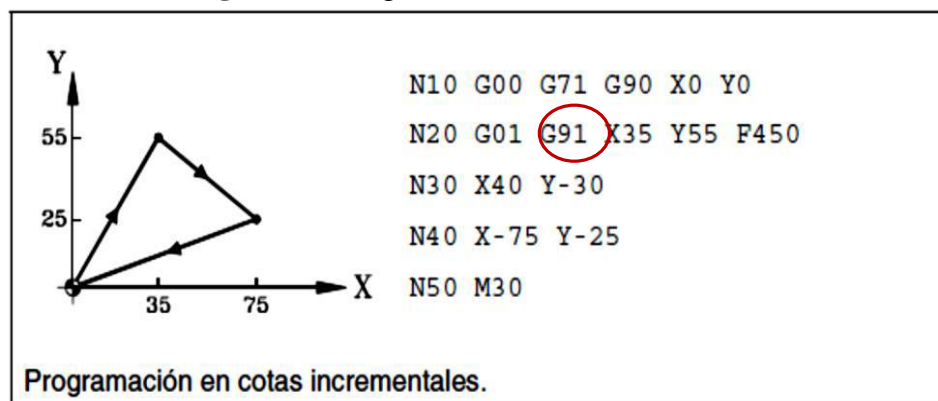
Fuente: www.fagorautomation.com

- **Coordenadas incrementales**

En el modo de programación incremental, las posiciones de los ejes son medidas a partir de la posición anteriormente establecida. De acuerdo al movimiento de la herramienta, esto significa que la dimensión incremental describe la distancia a ser recorrida por la herramienta a partir de la posición actual de la misma (Solano Monge, 2006).

El código empleado para enviar la instrucción de trabajar con este tipo de coordenadas es el G91. Cuando se programa en cotas incrementales (G91), las coordenadas del punto están referidas a la posición en que se encuentra la herramienta en ese momento. El signo antepuesto indica el sentido de desplazamiento.

Figura 21. Programación en cotas absolutas.



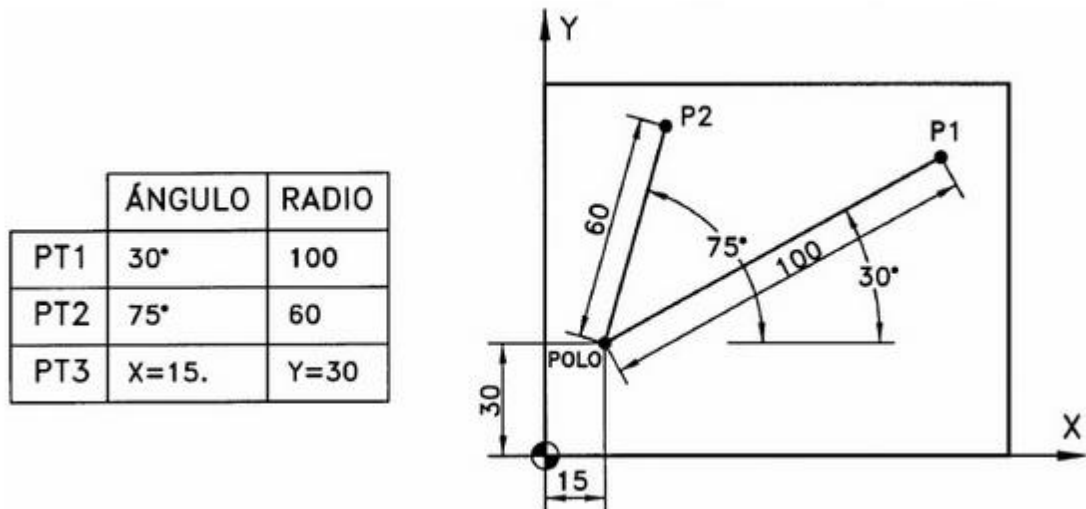
Fuente: www.fagorautomation.com

- **Coordenadas polares**

En el caso de haber elementos circulares o dimensiones angulares, puede resultar más conveniente utilizar coordenadas polares para expresar las coordenadas de los diferentes puntos en el plano. Para este caso, es necesario un punto de referencia denominado "origen polar", que será corresponde al origen del sistema de coordenadas polares.

En función de ángulos y centros. El punto, a partir del cual sale la medida, se llama Polo (centro de los radios). En la siguiente figura se ilustra la forma en la que se interpretan las coordenadas polares, en cuyo caso se tienen dos puntos P1 y P2, además el polo o centro de radios.

Figura 22. Programación en coordenadas polares.



Fuente: Autor

- **Velocidad de corte**

La velocidad de corte es la velocidad lineal de la periferia de la fresa u otra herramienta que se utilice en el fresado. La velocidad de corte, que se expresa en metros por minuto (m/min), tiene que ser elegida antes de iniciar el mecanizado y su valor adecuado depende de muchos factores, especialmente de la calidad y tipo de fresa que se utilice, de la dureza y la maquinabilidad que tenga el material que se mecanice y de la velocidad de avance (Gregor, y otros, 2001).

Se puede decir que la velocidad de corte es el número de metros de material que es cortado por una herramienta en un minuto.

- ***Velocidad de avance***

La velocidad de avance es la velocidad expresada en milímetros por minuto (mm/min) a la que una herramienta avanza a lo largo de la pieza para arrancar una porción de material de ésta. También se puede representar el avance por vuelta de la pieza en milímetros por revolución (mm/rev) (García Bercedo, y otros, 2013).

Cada fresa puede cortar adecuadamente en un rango de velocidades de avance por cada revolución de la herramienta, denominado avance por revolución. Este rango depende fundamentalmente de número de dientes de la fresa, del tamaño de cada diente y de la profundidad de corte, además del tipo de material de la pieza y de la calidad y el tipo de plaquita de corte. La velocidad de avance está limitada por las rigideces de las sujeciones de la pieza y de la herramienta y por la potencia del motor de avance de la máquina.

- ***Tiempo principal***

El tiempo principal corresponde a aquel tiempo en el cual la herramienta de corte está actuando sobre la pieza o material. El tiempo principal es una parte del tiempo total de mecanizado o trabajo y se obtiene en minutos, dividiendo el recorrido total de la mesa de fresar por el recorrido que hace la pieza en un minuto.

4.14.8 *Ejercicios de cálculo*

Previa la configuración de los códigos para las instrucciones se necesita calcular la velocidad de corte, la velocidad de avance y el tiempo principal. A continuación se definen las fórmulas aplicables en cada uno de los casos:

Velocidad de corte:

$$V_c = \frac{\pi * D * n}{1000}$$

Donde:

V_c Velocidad de corte (m/min).

D Diámetro de la herramienta (mm).

n Velocidad de rotación de la herramienta (rpm).

Velocidad de avance:

$$V_s = f_z * z * n$$

Donde:

V_s Velocidad de avance (mm/min).

f_z Avance por diente (mm/diente).

z Número de dientes de la fresa.

n Velocidad de rotación de la herramienta en (rpm).

Tiempo principal:

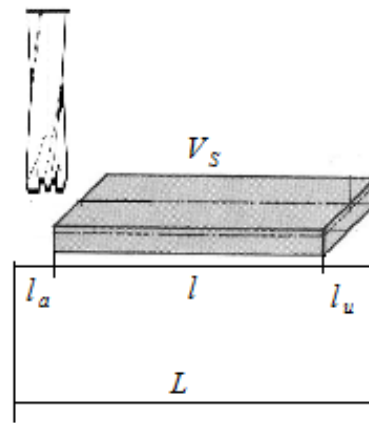
$$t_p = \frac{L}{V_s}$$

Donde:

t_p Tiempo principal (min).

L recorrido total de la mesa (mm).

V_s Velocidad de avance (mm/min).



Una vez establecidas las fórmulas de cálculo, ya se pueden plantear ejercicios.

Ejercicio Resuelto:

- Calcular las rpm de una fresa frontal cilíndrica HSS de 4 dientes, diámetro de 3/8 de pulgada para mecanizar aluminio 1110, en una operación de ranurado, la profundidad de desbastado es de 1 mm. Datos del aluminio: largo 200 mm, ancho 200 mm y profundidad de 50 mm.

Solución:

Datos:

$V_c = 250 \text{ m/min} \rightarrow \text{tablas.}$

Material = Aluminio 1110

Fresa frontal cilíndrica HSS

$z = 4$ dientes

$D = 3/8 \text{ pulg.} = 9.53 \text{ mm}$

$f_z = 0.1 \text{ mm/diente}$

$L = 200 \text{ mm} + 9.53 \text{ mm}$

$n = ?$

$V_s = ?$

$t_p = ?$

Formula:

$$n = \frac{V_c * 1000}{\pi * D}$$

$$n = \frac{250 * 1000}{\pi * 9.53}$$

$$n = 8350.21 \text{ rpm}$$

$$V_s = f_z * z * n$$

$$V_s = 0.1 \frac{\text{mm}}{\text{diente}} 4 \text{ dientes} \\ * 8350.21 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

$$V_s = 3340.08 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

$$t_p = \frac{209.53 \frac{\text{mm}}{1}}{3340.08 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}$$

$$t_p = 0.0627 \text{ min}$$

$$t_p = 3.7 \text{ s}$$

Ejercicio para Resolver

- Calcular las rpm de una fresa para planear de 4 dientes, diámetro de 80 mm de con plaquitas de carburo de tungsteno para mecanizar aluminio 1110, en una operación de desbastado, la profundidad de desbastado es de 1 mm. Datos del aluminio: largo 200 mm, ancho 200 mm y profundidad de 50 mm.

4.14.9 Procedimiento

1. Encender la máquina y referenciarla.
2. Sujetar el trozo de aluminio sobre la mesa del Centro del Mecanizado o sobre el tornillo de máquina.
3. Utilizar la herramienta T1 para hallar el 0 pieza y almacenar.
4. Programar para que la herramienta se desplace del 0 máquina al 0 pieza a la máxima velocidad en los ejes X e Y.
5. Programar para que la herramienta se desplace del 0 máquina al 0 pieza en el eje Z, a la zona de seguridad igual a 50mm, con el 25% de la máxima velocidad.
6. Desplazar la herramienta entre dos puntos con interpolación lineal.
7. En modo MDI continuar programando paso a paso para que la herramienta describa el cuadrado de la figura con velocidades de avances programadas.

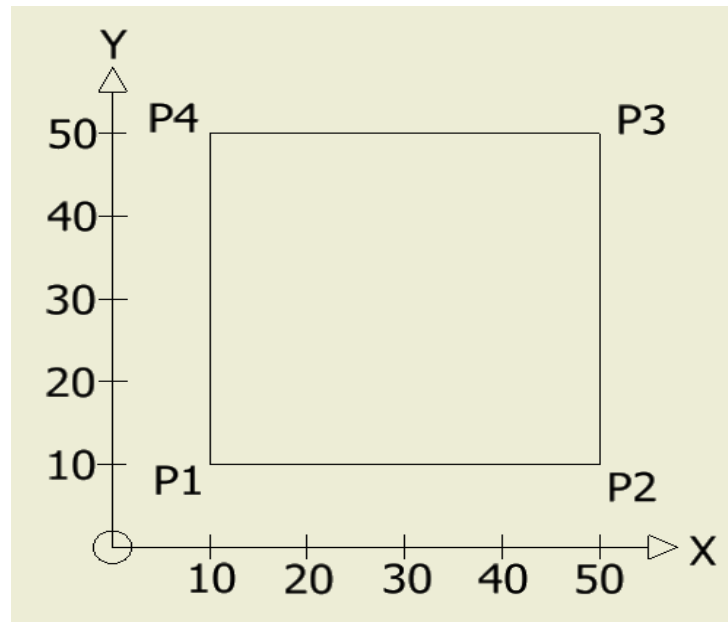
```
%  
O0052; (Open- Abrir un programa)(Nombre del programa) (Programa para ranurar  
un cuadrado con fresa frontal con fresa circular cilíndrica de 3/8'', ATC1);  
N10 G17 G21 G40 G49 G54 G80 G90 G94; (Encabezado)  
N20 M06 T01; (escoger la herramienta ubicada en el ATC 01: End Mill  $\phi$  3/8'')  
N30 G00 X10 Y10 Z50; (punto 1 y zona de seguridad en z)  
N40 M03 S5012; (giro del husillo en sentido horario a 5120 rpm)  
N50 G01 Z5 F5000; (avance de aproximación de 5mm a 5000 rpm)  
N60 Z-1 F1000; (avance de penetración de -1 mm a 1000 rpm)  
N70 X50 F2000; (punto 2 con una velocidad de avance de 2000 rpm)  
N80 Y50; (punto 3)  
N90 X10; (punto 4)  
N100 Y10; (punto 1)  
N190 G00 Z 50; (ir a la zona de seguridad)
```

N200 M05 S0; (apagar el husillo)

N210 G28 G91 Z0; (ir a cero máquina eje Z)

N220 G28 X0 Y0; (ir a cero máquina eje X Y)

N230 M30; (Fin y rebobinado de programa)



4.14.10 *Informe de la práctica*

Posterior a la realización de la Guía Práctica No.3 los estudiantes deberán elaborar el respectivo informe de la práctica de conformidad con la siguiente estructura:

- Estructura del informe:

Título de la práctica

Integrantes

Objetivos

Instrumentos y equipos

Ejercicios de cálculo

Procedimiento

Análisis de resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Nota: En el análisis de resultados siga el siguiente procedimiento:

1. Interpretación de los resultados obtenidos para los ejercicios de cálculo de la velocidad de corte, velocidad de avance y tiempo principal.
2. Establecer una interpretación de la utilidad de los códigos G para lo cual se sugiere agruparlos de acuerdo a la naturaleza de los desplazamientos y operaciones que se realizan.

MANUAL DE OPERACIONES BÁSICAS DEL CENTRO DE MECANIZADO CNC BRIDGEPORT

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



GUÍA PRÁCTICA No.4

4.15 *Guía Práctica No.4*

4.15.1 *Tema.* Delineado de letras.

4.15.2 *Equipo Técnico*

- Responsable:

El responsable de dirigir la práctica será el Ing. Ángel Guamán.

- Participantes:

Estudiantes de la asignatura de CAD/CAM, se conformarán grupos de trabajo de cuatro o cinco estudiantes, para que operen el centro de mecanizado de forma simultánea.

4.15.3 *Objetivo General.* Realizar el diseño, programación, simulación y el mecanizado del delineado de letras.

4.15.4 *Objetivos Específicos*

- Realizar el diseño, programación y simulación de la pieza a mecanizar en el software Siemens NX10.
- Mecanizar la pieza en el centro de mecanizado BRIDGEPORT VMC 800.
- Conocer todos los parámetros a seguir para realizar la operación del delineado de letras.

4.15.5 *Método*

- Diseño y aplicación del programa del ciclo de mecanizado.
- Preparación de la máquina para la aplicación del programa diseñado.

4.15.6 *Instrumentos y equipos*

- Centro de mecanizado BRIDGEPORT VMC 800.
- Entenalla o tornillo de banco.
- Bloque de madera 180 x130 x 25 mm.
- Buscador de centros.



- Calibrador.



- Herramienta de grabado.



4.15.7 *Normas de seguridad*

Debido a las características del trabajo que se realiza en el laboratorio se pueden provocar accidentes de diversa consideración, como incendios, explosiones, intoxicaciones y quemaduras. Debe disponerse, por tanto, de elementos de actuación adecuados para que estos efectos puedan ser controlados.

Las Normas de Seguridad van a ser la fuente de información que permite lograr una uniformidad en el modo de actuar de los trabajadores ante determinadas circunstancias o condiciones, para tener un comportamiento determinado y adecuado.

Se cumplirán estrictamente las normas de seguridad indicadas en la guía práctica No.1 “Introducción, partes principales, especificaciones técnicas y seguridades del Centro de Mecanizado Vertical”, en lo correspondiente a las medidas de prevención generales, a las medidas de protección, a la indumentaria de trabajo, a la operación y mantenimiento del centro de mecanizado.

4.15.8 *Consideraciones Teóricas*

- ***Generalidades***

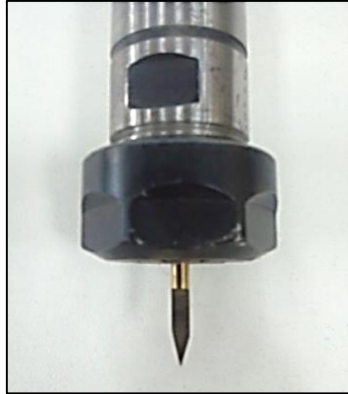
El proceso de grabado consiste en plasmar un texto o dibujo al material de trabajo por medio del mecanizado de la máquina.

Como característica de este proceso es que se puede realizar en alto y bajo relieve dando así una contextura diferente al diseño según el gusto de la persona que lo adquiere. A partir de estos modelos se puede realizar una variedad de diseños con diferentes tipos de materiales dirigidos a varios sectores.

El material a elegir para este tipo de proceso crea que el tiempo de mecanizado varíe, las características de los materiales hacen que el proceso sea rústico o fino, además se debe considerar las características del tipo de herramienta que se seleccione.

La herramienta para este tipo de proceso de ver cónica y con un solo filo como se indica en la figura.

Figura 23. Herramienta empleada para realizar el delineado.



La estructura de este programa está constituido por una serie de secuencias y funciones donde se van programando las tareas que debe realizar la máquina de acuerdo con los parámetros de la pieza y las condiciones tecnológicas de su mecanizado.

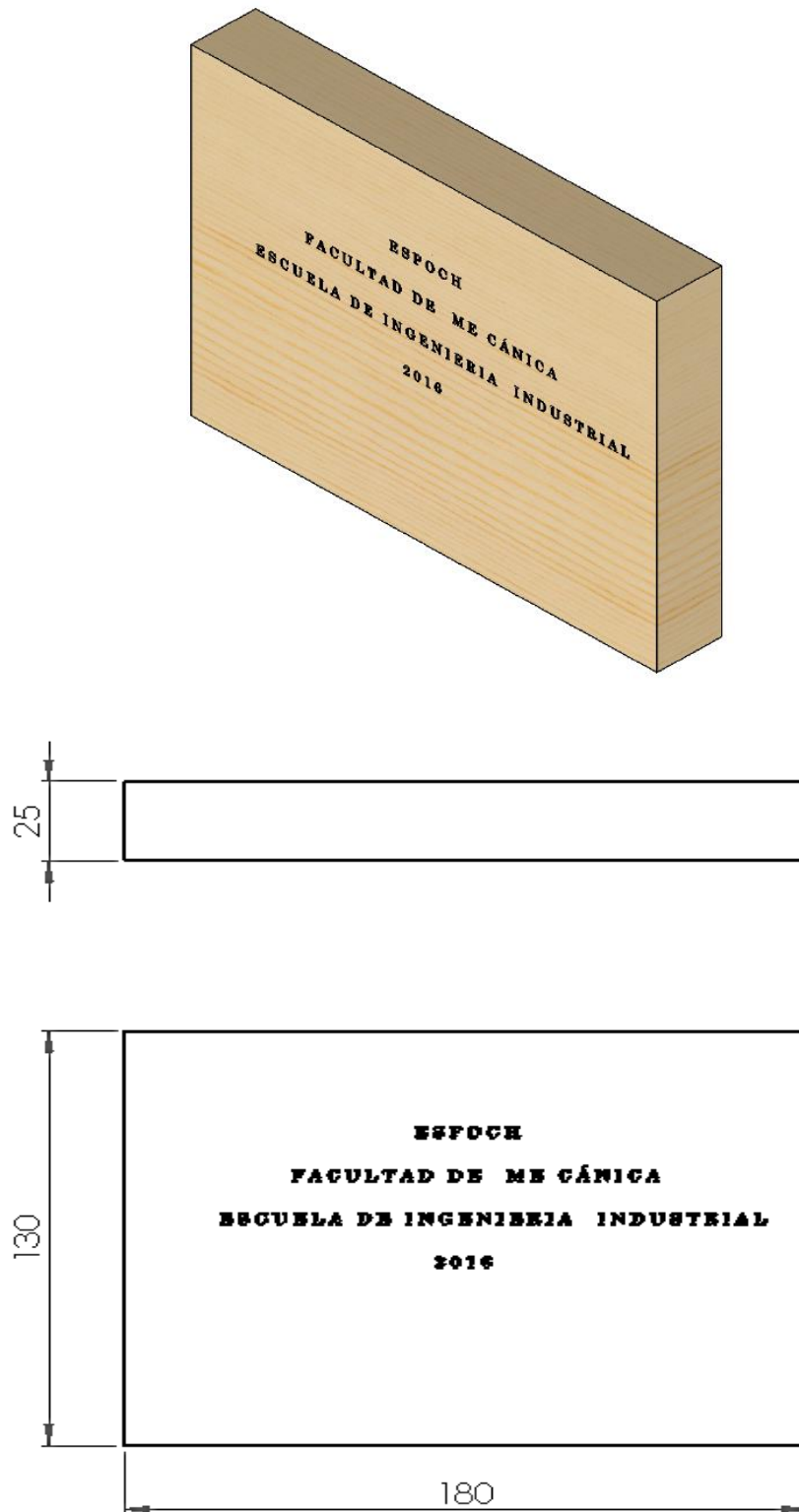
4.15.9 *Procedimiento*

1. Diseñar el programa a mecanizar en el software SIEMENS NX10.
2. Utilizar obligatoriamente los equipos de protección personal y respetar las normas de seguridad dentro del laboratorio.
3. Encender el centro de mecanizado (ver procedimiento de la práctica No. 2).
4. Configurar el cero pieza (ver procedimiento de la práctica No. 2).
5. Comprobar que la pieza y herramienta de trabajo estén posicionadas adecuadamente y firmemente sujetadas.
6. Realizar la recepción de la programación en el centro de mecanizado (ver procedimiento de la práctica No. 2).
7. Ejecutar el programa para que la máquina realice el mecanizado correspondiente.
8. Una vez terminada la operación retirar el elemento maquinado.
9. Apagar la máquina.

10. Realizar la limpieza general del centro de mecanizado.

4.15.10 Ejemplo de aplicación

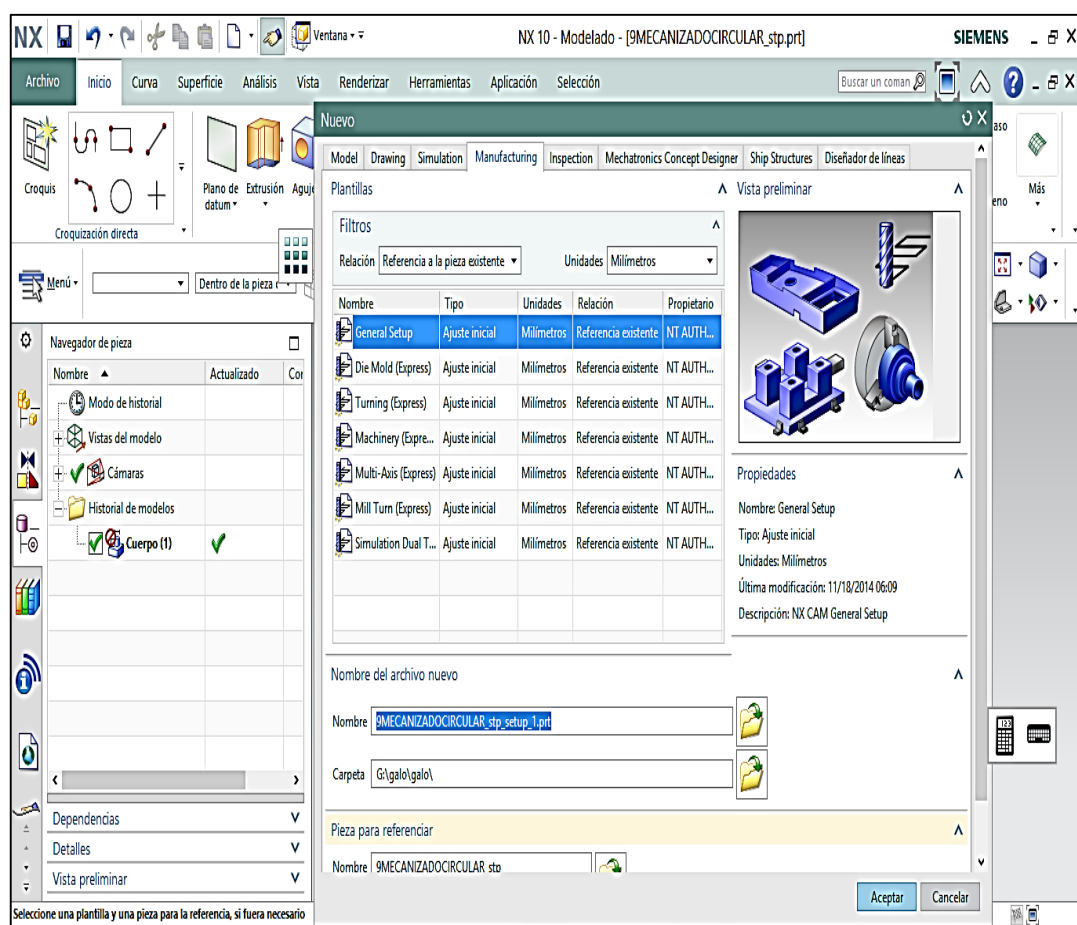
- **Modelado CAD**



Modelado CAM en el software Siemens NX 10

Diseño del grabado de letras

Para la operación de mecanizado es necesario trasladarse del espacio de modelado al espacio de manufactura en NX. Se realiza dando clic el archivo ubicado, en la esquina superior izquierda se selecciona nuevo y se desglosa una serie de operaciones, con un clic en manufactura selecciona la máquina por defecto y se elige la carpeta en la que se desea guardar la programación que tendrá una extensión.

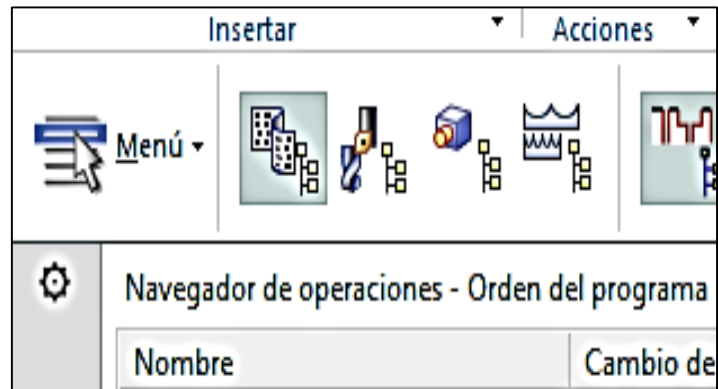


Con la pieza en el espacio de trabajo se procede a determinar el cero pieza y la geometría del material en bruto. En la parte superior del navegador de operaciones se encuentran cuatro opciones:

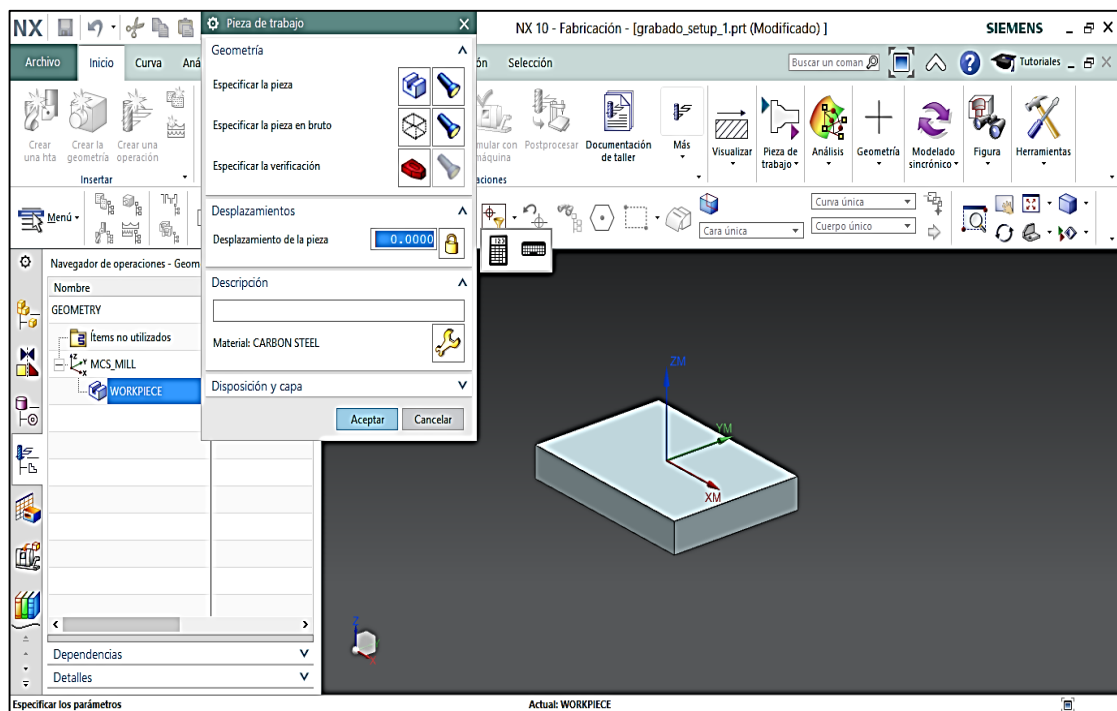
- Vista de orden del programa.
- Vista de la máquina herramienta.

- Vista de la geometría.
- Vista del orden de maquinado.

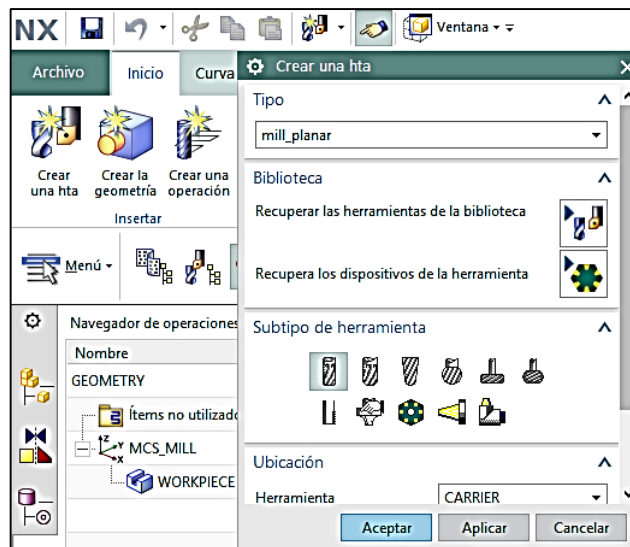
Seleccionar vista de geometría.



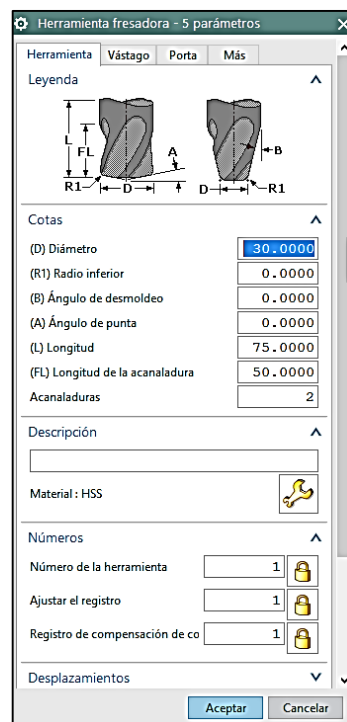
En vista de geometría se agrega la pieza a mecanizar y el material en bruto.



Con los parámetros determinados se procede a crear los diferentes tipos de herramientas a utilizar. Con la operación de crear herramienta, ahí se elige el tipo de herramienta de acuerdo al tipo de necesidad y se coloca en el porta herramientas que va estar ubicado.

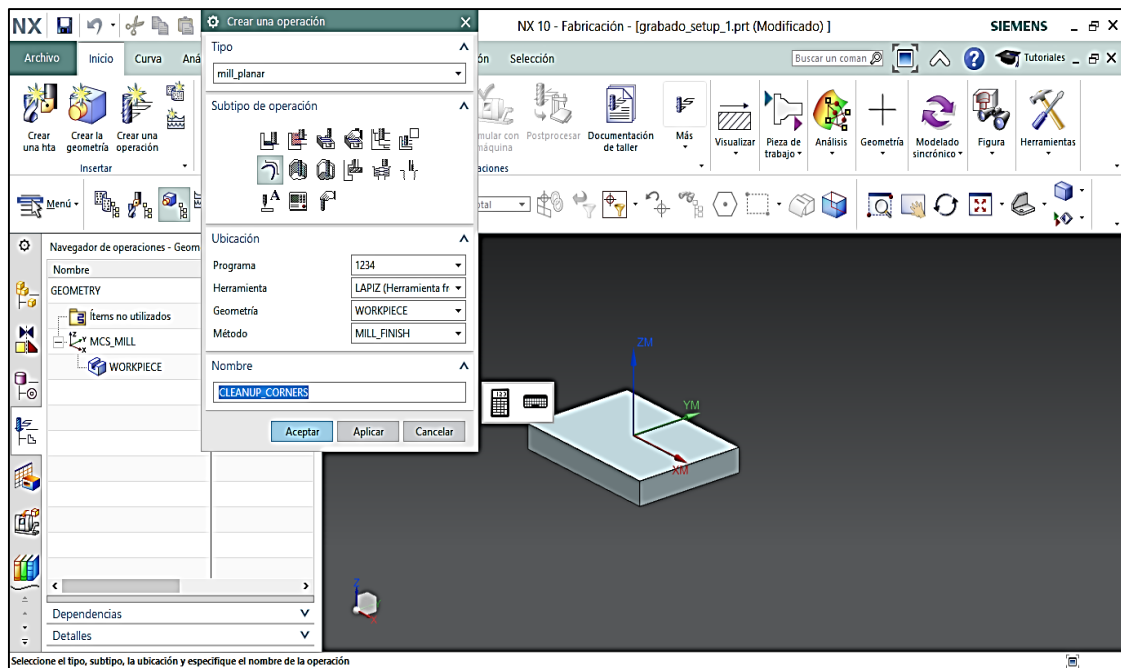


Asignado el nombre y el tipo de herramienta se abre un cuadro de diálogo en el que indica geometría de la herramienta.

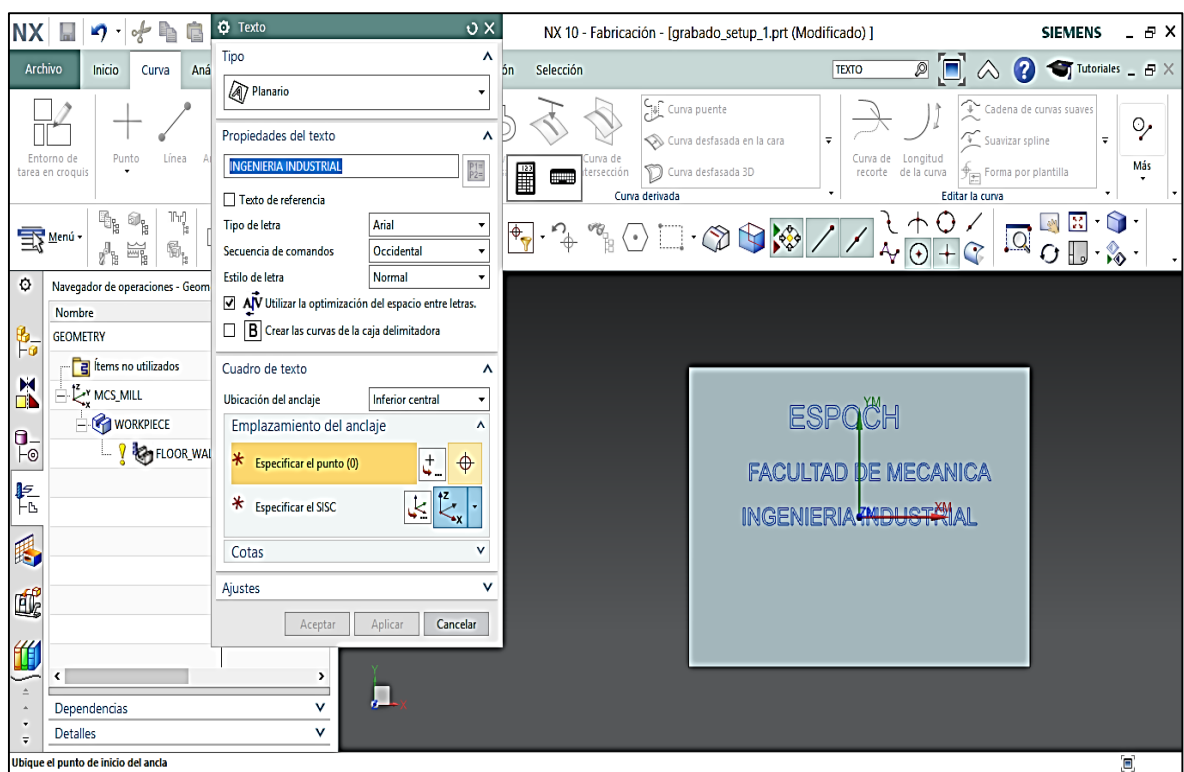


Con las herramientas listas se procede a crear la programación con el ícono crear operaciones, es necesario tener claro las estrategias de mecanizado.

Dentro de esta ventana se encuentran diferentes tipos de estrategias de mecanizado para este caso se comienza utilizando un planeado de las superficies Mill_planear.

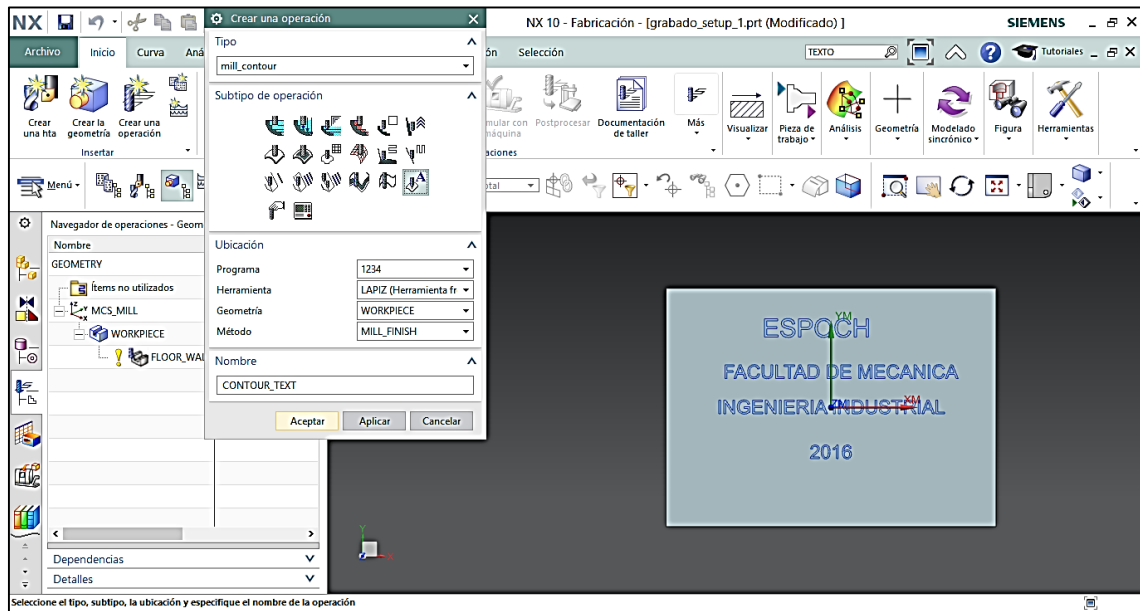


Para realizar el grabado de letras en NX es necesario crear notas para que la herramienta siga la periferia de las letras a mecanizar.



Con el tipo de letras a mecanizar se procede a seleccionar el tipo de operación en este caso se elige contorno de texto.

Simulación del proceso de mecanizado



Generación de los códigos de programación

G90 G71 G17 G40 G75 G54	...Y2.243
T1 M6	G0 Z9.5
G0 X9.385 Y1.114 S4000 M3	Z10.
G0 Z10.	Y6.654
Z5.	Z5.
G1 Z-.5 F900.	G1 Z-.5 F900.
Y-2.014 F800.	X14.65 F800.
X14.65	Y7.188
Y1.19	G0 Z9.5
X14.04	Z10.
Y-1.48	Y12.499
X12.209	Z5.
Y.961	G1 Z-.5 F900.
X11.598	X14.65 F800.
Y-1.48	Y13.033
X9.996	X12.285
Y1.114	Y13.69
X9.385	X12.344 Y14.089
G0 Z9.5	X12.377 Y14.164
Z10.	X12.699 Y14.506
Y2.243	X13.563 Y15.05
Z5.	X14.65 Y15.707

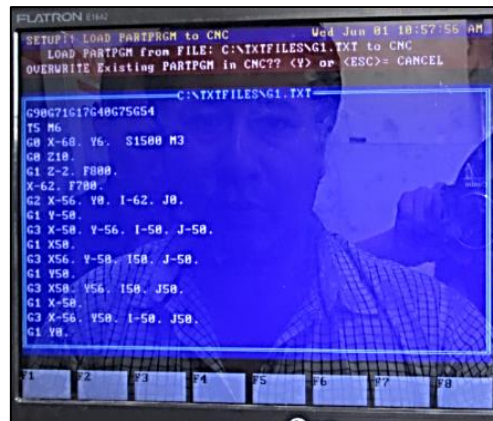
G1 Z-.5 F900.	Y16.314
X14.65 F800.	X13.242 Y15.524
Y2.777	X12.567 Y15.095
X10.431	X12.26 Y14.788
X14.65 Y5.015	X12.069 Y15.325
Y5.601	X30.509 Y2.942
X9.385	X30.518 Y3.058
Y5.067	G0 Z10.
X13.636	M5
X9.385 Y2.801...	M30

Mecanizado de la pieza en el VMC 800 BRIDGEPORT

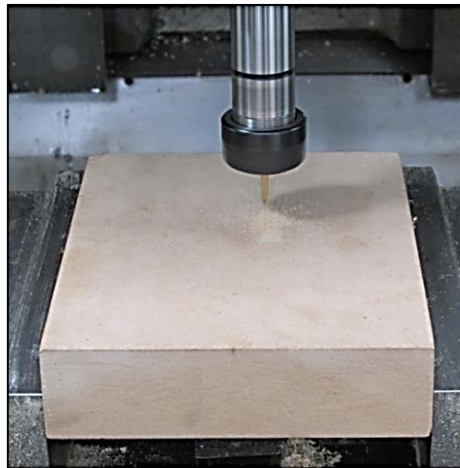
Para efectuar el mecanizado de la pieza de trabajo en el centro de mecanizado vertical VMC 800 Bridgeport, primeramente se realiza el ajuste inicial conforme lo indicado en la práctica No.2 “Operación y funcionamiento”, en su apartado correspondiente al procedimiento de trabajo. Se debe seguir las indicaciones desde el encendido de la máquina, el montaje de la herramienta y cero de la pieza, el ingreso de los códigos en el centro de mecanizado, el desarrollo del proceso de mecanizado, hasta el apagado de la máquina. En correspondencia con el párrafo anterior, para el presente caso se deberán seguir las siguientes consideraciones particulares: Ubicar el bloque a mecanizar en la mordaza, encerrar los ejes.



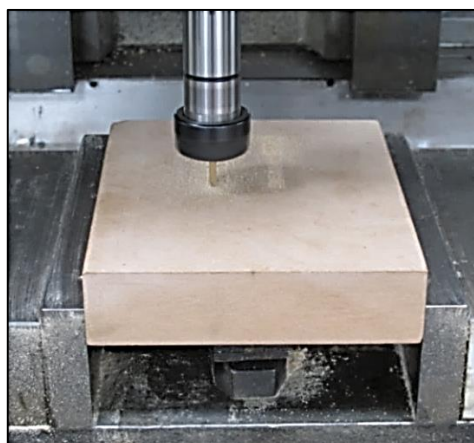
Realizar la recepción de códigos desde el programa hacia el centro de mecanizado.



Pulsar el botón de inicio para que inicie el ciclo de mecanizado del programa.



Cerrar las puertas una vez que el centro de mecanizado esté ejecutando la programación.



Revisar constantemente que se esté ejecutando correctamente los códigos según lo requerido en la programación.



Una vez terminada la pieza retirar con cuidado de la mordaza y procurando que la máquina no esté ejecutando alguna operación.

Revisar el resultado.

Resultado



4.15.11 Informe de la práctica

Título de la práctica

Integrantes

Objetivos

Instrumentos y equipos

Normas de seguridad

Planos

Descripción de la práctica

Análisis de resultados

Conclusiones y recomendaciones

Bibliografía

Anexos

MANUAL DE OPERACIONES BÁSICAS DEL CENTRO DE MECANIZADO CNC BRIDGEPORT

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



GUÍA PRÁCTICA No.5

4.16 *Guía Práctica No.5*

4.16.1 *Tema.* Mecanizado de superficies.

4.16.2 *Equipo Técnico*

- Responsable:

El responsable de dirigir la práctica será el Ing. Ángel Guamán.

- Participantes:

Estudiantes de la asignatura de CAD/CAM, se conformarán grupos de trabajo de cuatro o cinco estudiantes, para que operen el centro de mecanizado de forma simultánea.

4.16.3 *Objetivo General.* Realizar el diseño, programación, simulación y el mecanizado de superficies de una pieza.

4.16.4 *Objetivos Específicos*

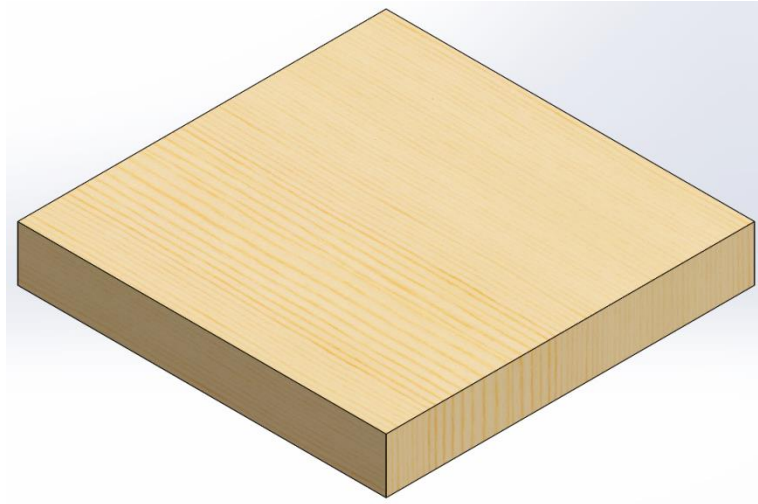
- Realizar el diseño, programación y simulación de la pieza a mecanizar en el software SIEMENS NX10.
- Mecanizar la pieza en el centro de mecanizado BRIDGEPORT VMC 800.
- Conocer todos los parámetros a seguir para realizar la operación de mecanizado de superficies.

4.16.5 *Método*

- Diseño y aplicación del programa del ciclo de mecanizado.
- Preparación de la máquina para la aplicación del programa diseñado.

4.16.6 *Instrumentos y equipos*

- Centro de mecanizado BRIDGEPORT VMC 800.
- Bloque de madera 110 x 70 x 60 mm.



- Entenalla.
- Buscador de centros.



- Calibrador.



- Fresa plana #12.



- Fresa redonda #12.



4.16.7 *Normas de seguridad*

Se cumplirán estrictamente las normas de seguridad indicadas en la guía práctica No.1 “Introducción, partes principales, especificaciones técnicas y seguridades del Centro de Mecanizado Vertical”, en lo correspondiente a las medidas de prevención generales, a las medidas de protección, a la indumentaria de trabajo, a la operación y mantenimiento del centro de mecanizado.

4.16.8 *Consideraciones Teóricas*

Generalidades. El mecanizado de superficies consiste en eliminar material de manera que el acabado tenga una forma plana de acuerdo al diseño sugerido.

Se puede realizar varios tipos de superficies siendo estas rectas o curvas.

Para un mecanizado de superficies rectas se utiliza la fresa plana según la medida requerida y para un mecanizado curvo se utiliza con una fresa redonda.

La estructura de un programa para el mecanizado de superficies está constituido por una serie de secuencias y funciones, donde se van programando las tareas que debe realizar la máquina de acuerdo con los parámetros de la pieza y las condiciones tecnológicas de su mecanizado.

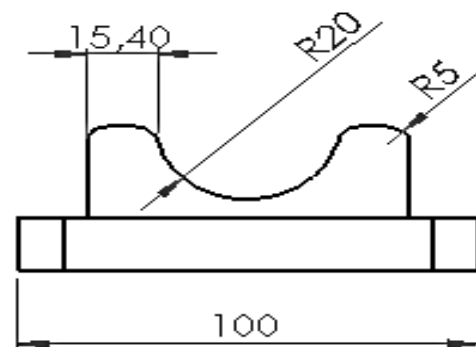
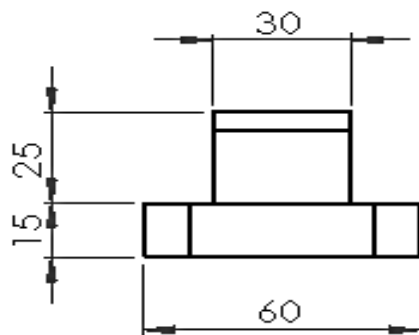
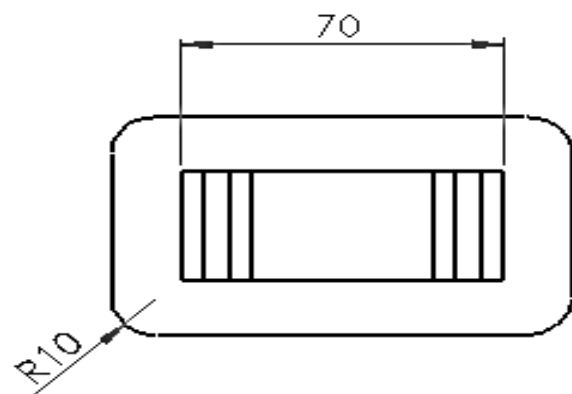
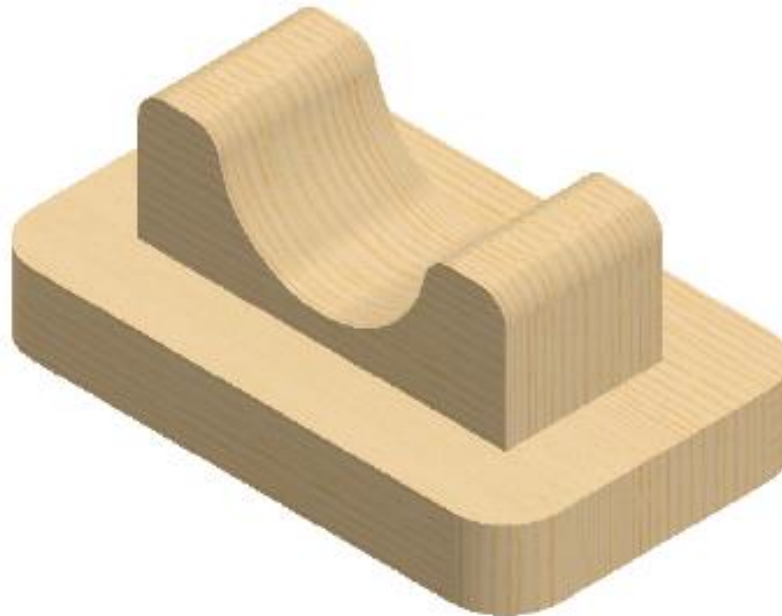
Antes de empezar un programa de mecanizado se tiene que conocer apropiadamente el mecanizado a realizarse y las dimensiones así como las características del material de partida. Con estos conocimientos previos, se establece el sistema de fijación de la pieza, las condiciones en cuanto a velocidad de corte, avance y numero de pasadas.

4.16.9 *Procedimiento*

1. Diseñar el programa a mecanizar en el software SIEMENS NX10.
2. Utilizar obligatoriamente los equipos de protección personal y respetar las normas de seguridad dentro del laboratorio.
3. Encender el centro de mecanizado (ver procedimiento de la práctica No. 2).
4. Configurar el cero pieza (ver procedimiento de la práctica No. 2).
5. Comprobar que la pieza y herramienta de trabajo estén posicionadas adecuadamente y firmemente sujetadas.
6. Realizar la recepción de la programación en el centro de mecanizado (ver procedimiento de la práctica No. 2).
7. Ejecutar el programa para que la máquina realice el mecanizado correspondiente.
8. Una vez terminada la operación retirar el elemento maquinado.
9. Apagar la máquina.
10. Realizar la limpieza general del centro de mecanizado.

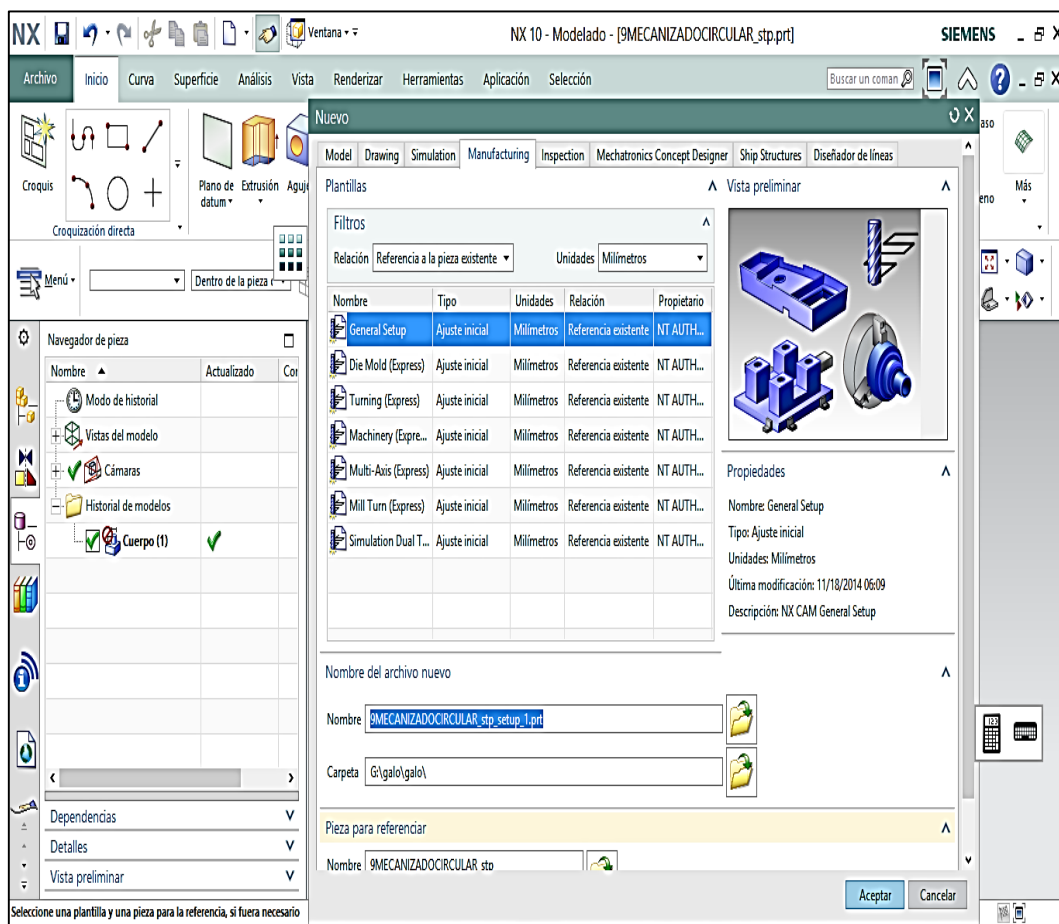
4.16.10 Ejemplo de aplicación

Modelado CAD



Modelado CAM en el software Siemens NX 10

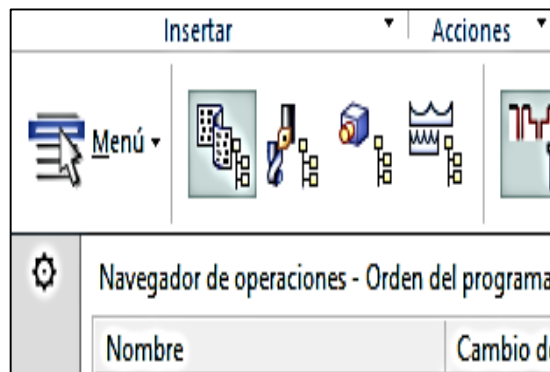
Para la operación de mecanizado es necesario trasladarse del espacio de modelado al espacio de manufactura en NX. Se realiza dando clic el archivo ubicado en la esquina superior izquierda seleccionamos nuevo y se desglosa una serie de operaciones, con un clic en manufactura seleccionamos la máquina por defecto y elegimos la carpeta en la que deseamos guardar la programación que tendrá una extensión.



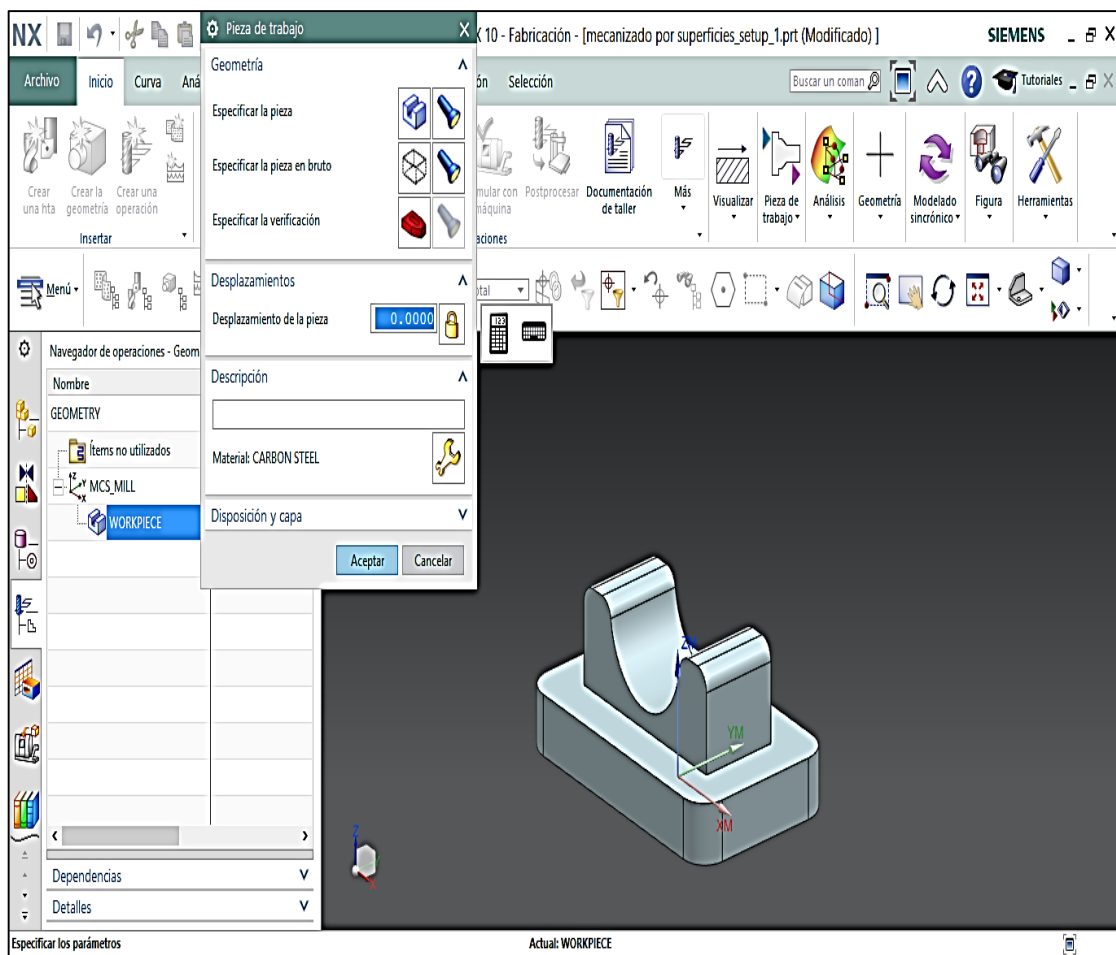
Con la pieza en el espacio de trabajo se procede a determinar el cero pieza y la geometría del material en bruto. En la parte superior del navegador de operaciones se encuentran cuatro opciones:

- Vista de orden del programa.
- Vista de la máquina herramienta.
- Vista de la geometría.
- Vista del orden de maquinado.

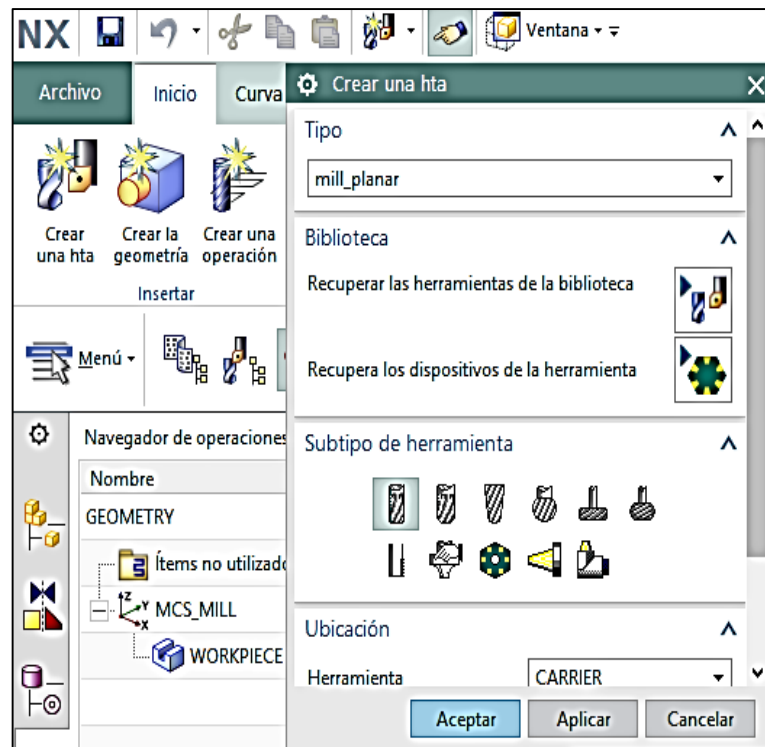
Seleccionar vista de geometría.



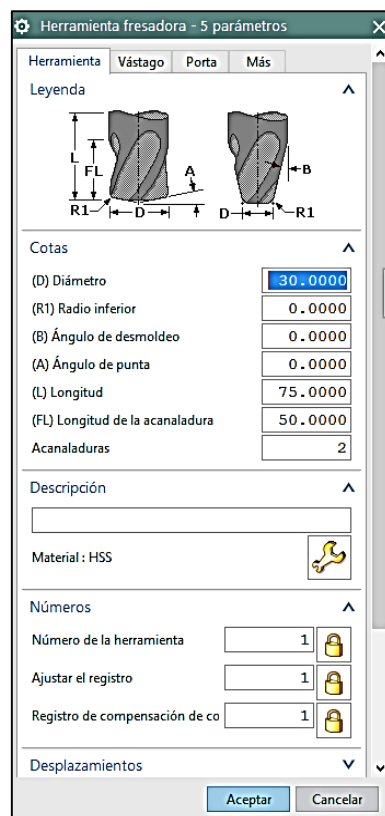
En vista de geometría se agrega la pieza a mecanizar y el material en bruto.



Con los parámetros determinados se procede a crear los diferentes tipos de herramientas a utilizar. Con la operación de crear herramienta, se elige el tipo de herramienta de acuerdo al tipo de necesidad y se coloca en el porta herramientas que va estar ubicado.

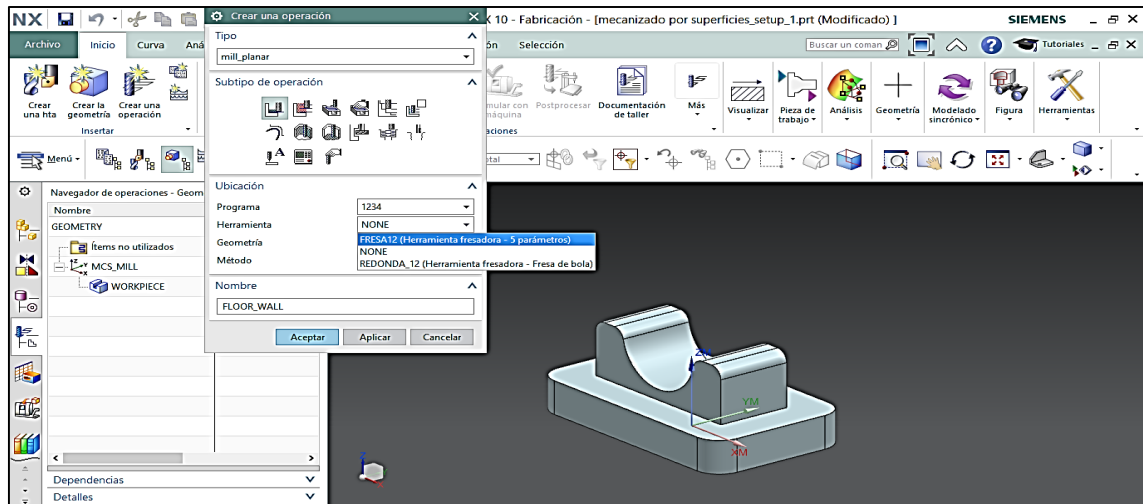


Asignado el nombre y el tipo de herramienta se abre un cuadro de diálogo en el que indica geometría de la herramienta.



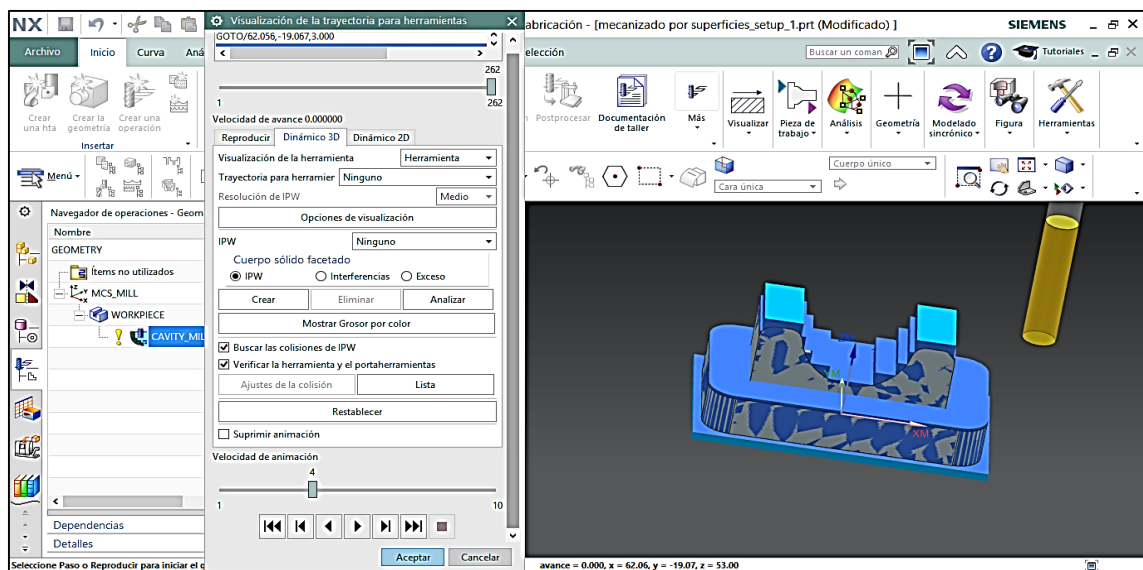
Con las herramientas listas se procede a crear la programación con el ícono crear operaciones, es necesario tener claro las estrategias de mecanizado.

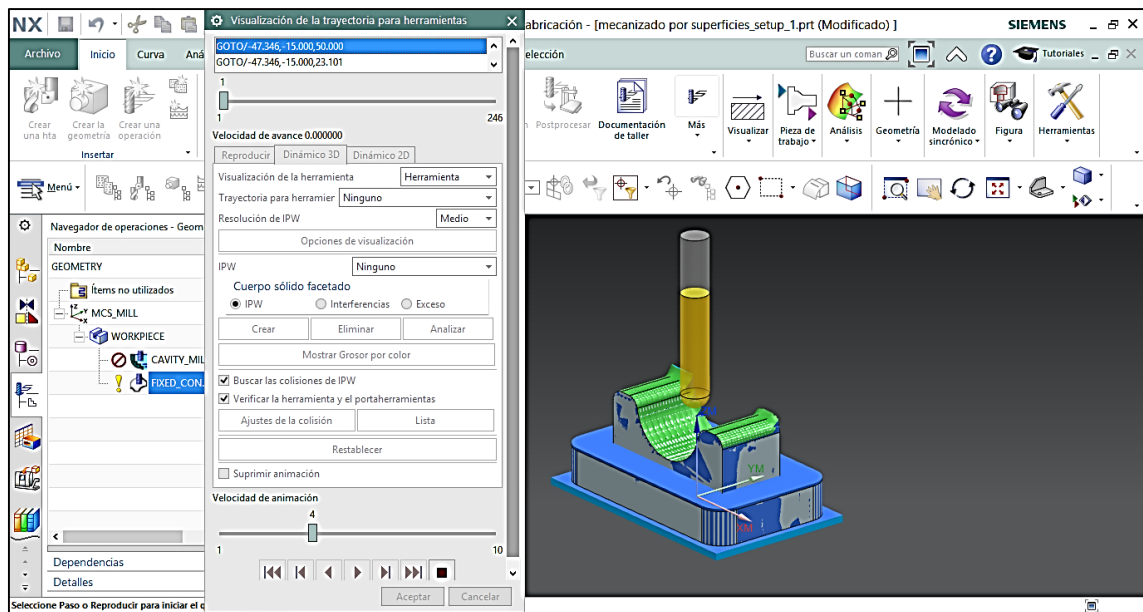
Dentro de esta ventana se encuentran diferentes tipos de estrategias de mecanizado para este caso se comienza utilizando un planeado de las superficies Mill_planear.



En esta pieza para poder realizar el mecanizado de contornos se utiliza estrategias de Mill_contour, dentro de esta opción se encuentran una serie de operaciones, eligiendo la mejor para la pieza. Para el afinado se ocupa la operación de contorno por superficies está ubicado dentro de Mill_contour.

Simulación de la pieza diseñada





Generación de los códigos de programación

<p>G90 G71 G17 G40 G75 G54 T4 M6 G0 X0. Y-138. S1500 M3 G0 Z10. G91 G28 Z0. A0. M01 T5 M6 G0 G90 G54 X-26.5 Y-46.5 A0. S1500 M3 G43 H5 Z10. G1 Z-1.946 F800. X26.5 F700. Y-38.045 X23.026 G3 X23.5 Y-35.247 I15. J-35.247 G1 Y-29.591 X26.5 Y-21.136 X23.5 Y-12.682 X26.5 Y-4.227 X23.5 Y4.227 X26.5 Y12.682 X23.5</p>	<p>...G1 Z-2. F800. Y138. F700. G0 Z10. M5 X-26.5 Y38.045 X-22.836 G3 X-23.5 Y34.751 I-15. J34.751 G1 Y29.591 X-26.5 Y21.136 X-23.5 Y12.682 X-26.5 Y4.227 G3 X-23.026 Y-38.045 I-15. J-35.247 G1 X-26.5 G0 Z10. X-29. Y49. G1 Z-1.946 F800. Y-49. F700. X29. Y49. X-29. Y-30.247 Y-30.471 Z-.311</p>
--	---

Y21.136	Y-30.556 Z-.31
X26.5	Y-40.7 Z-7.885
Y29.591	Y-40.782 Z-8.153
X23.5	Y-41.189 Z-10.17
Y34.751	Y-41.197 Z-10.327
G3 X22.836 Y38.045 I15. J34.751	G0 Z-5.327
G1 X26.5	Z14.673
Y46.5...	M5
	M30

Mecanizado de la pieza en el VMC 800 BRIDGEPORT

Para efectuar el mecanizado de la pieza de trabajo en el centro de mecanizado vertical VMC 800 Bridgeport, primeramente se realiza el ajuste inicial conforme lo indicado en la práctica No.2 “Operación y funcionamiento”, en su apartado correspondiente al procedimiento de trabajo. Se debe seguir las indicaciones desde el encendido de la máquina, el montaje de la herramienta y cero de la pieza, el ingreso de los códigos en el centro de mecanizado, el desarrollo del proceso de mecanizado, hasta el apagado de la máquina. En correspondencia con el párrafo anterior, para el presente caso se deberán seguir las siguientes consideraciones particulares: Ubicar el bloque a mecanizar en la mordaza, encerar los ejes.

Montar la herramienta que corresponda al centro de mecanizado, en este caso se debe montar la fresa redonda #12 y fresa plana #12.



Realizar la recepción de códigos desde el programa hacia el centro de mecanizado.



Pulsar el botón de inicio para que inicie el ciclo de mecanizado del programa.

Según el programa se ejecutará primero la operación de la fresa plana desbastado todo lo requerido para posterior con la fresa redonda dar la forma de la superficie.



La fresa redonda realiza la operación de mecanizar en forma de curva la superficie de la pieza.



Cerrar las puertas una vez que el centro de mecanizado esté ejecutando la programación.

Revisar constantemente que se esté ejecutando correctamente los códigos según lo requerido en la programación.

Una vez terminada la pieza retirar con cuidado de la mordaza y procurando que la máquina no esté ejecutando alguna operación.

Revisar el resultado.

Resultado



3.1.3.1 *Informe de la práctica*

Título de la práctica

Integrantes

Objetivos

Instrumentos y equipos

Normas de seguridad

Planos

Descripción de la práctica

Análisis de resultados

Conclusiones y recomendaciones

Bibliografía

Anexos

MANUAL DE OPERACIONES BÁSICAS DEL CENTRO DE MECANIZADO CNC BRIDGEPORT

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



GUÍA PRÁCTICA No.6

4.17 *Guía Práctica No.6*

4.17.1 *Tema.* Mecanizado de contornos.

4.17.2 *Equipo Técnico*

- Responsable:

El responsable de dirigir la práctica será el Ing. Ángel Guamán.

- Participantes:

Estudiantes de la asignatura de CAD/CAM, se conformarán grupos de trabajo de cuatro o cinco estudiantes, para que operen el centro de mecanizado de forma simultánea.

4.17.3 *Objetivo General.* Realizar el diseño, programación, simulación y el mecanizado de contornos de una pieza.

4.17.4 *Objetivos Específicos*

- Realizar el diseño, programación y simulación de la pieza a mecanizar en el software SIEMENS NX10.
- Mecanizar la pieza en el centro de mecanizado BRIDGEPORT VMC 800.
- Conocer todos los parámetros a seguir para realizar la operación de mecanizado de contornos.

4.17.5 *Método*

- Diseño y aplicación del programa del ciclo de mecanizado.
- Preparación de la máquina para la aplicación del programa diseñado.

4.17.6 *Instrumentos y equipos*

- Centro de mecanizado BRIDGEPORT VMC 800.
- Bloque de madera 110 x110 x 60 mm.
- Entenalla.
- Buscador de centros.



- Calibrador.



- Fresa plana #83



- Fresa plana #18.



- Fresa plana #10.



4.17.7 *Normas de seguridad*

Se cumplirán estrictamente las normas de seguridad indicadas en la guía práctica No.1 “Introducción, partes principales, especificaciones técnicas y seguridades del Centro de Mecanizado Vertical”, en lo correspondiente a las medidas de prevención generales, a las medidas de protección, a la indumentaria de trabajo, a la operación y mantenimiento del centro de mecanizado.

4.17.8 *Consideraciones Teóricas*

Generalidades. El mecanizado de contorno consiste en realizar el desbaste alrededor de la pieza dando diferentes formas como cilíndricas, cuadradas etc.

La estructura de un programa para el mecanizado de contornos está constituido por una serie de secuencias y funciones donde se van programando las tareas que debe realizar la máquina de acuerdo con los parámetros de la pieza y las condiciones tecnológicas de su mecanizado.

Antes de empezar un programa de mecanizado se tiene que conocer apropiadamente el mecanizado a realizarse y las dimensiones así como las características del material de partida. Con estos conocimientos previos, se establece el sistema de fijación de la pieza, las condiciones en cuanto a velocidad de corte, avance y numero de pasadas.

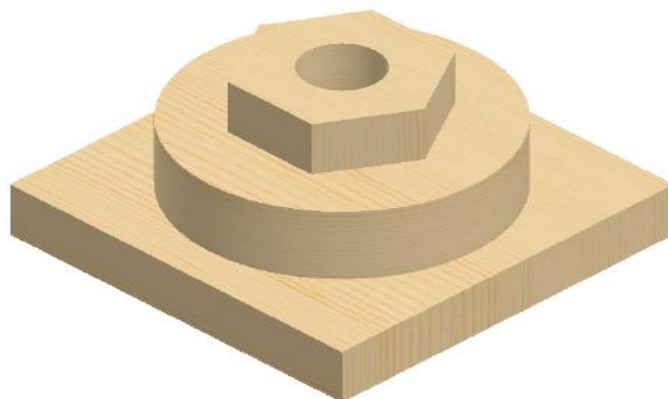
4.17.9 *Procedimiento*

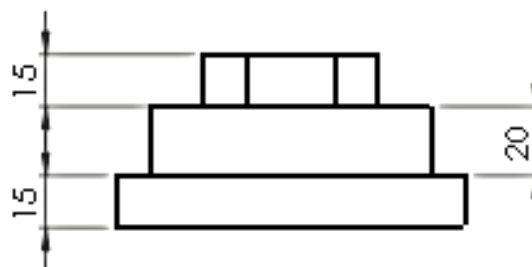
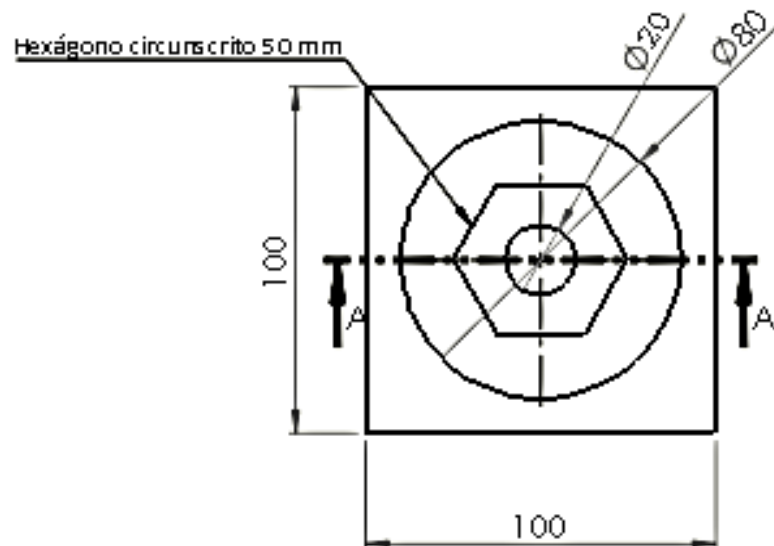
1. Diseñar el programa a mecanizar en el software SIEMENS NX10.

2. Utilizar obligatoriamente los equipos de protección personal y respetar las normas de seguridad dentro del laboratorio.
3. Encender el centro de mecanizado (ver procedimiento de la práctica No. 2).
4. Configurar el cero pieza (ver procedimiento de la práctica No. 2).
5. Comprobar que la pieza y herramienta de trabajo estén posicionadas adecuadamente y firmemente sujetadas.
6. Realizar la recepción de la programación en el centro de mecanizado (ver procedimiento de la práctica No. 2).
7. Ejecutar el programa para que la máquina realice el mecanizado correspondiente.
8. Una vez terminada la operación retirar el elemento maquinado.
9. Apagar la máquina.
10. Realizar la limpieza general del centro de mecanizado.

4.17.10 *Ejemplo de aplicación*

Modelado CAD

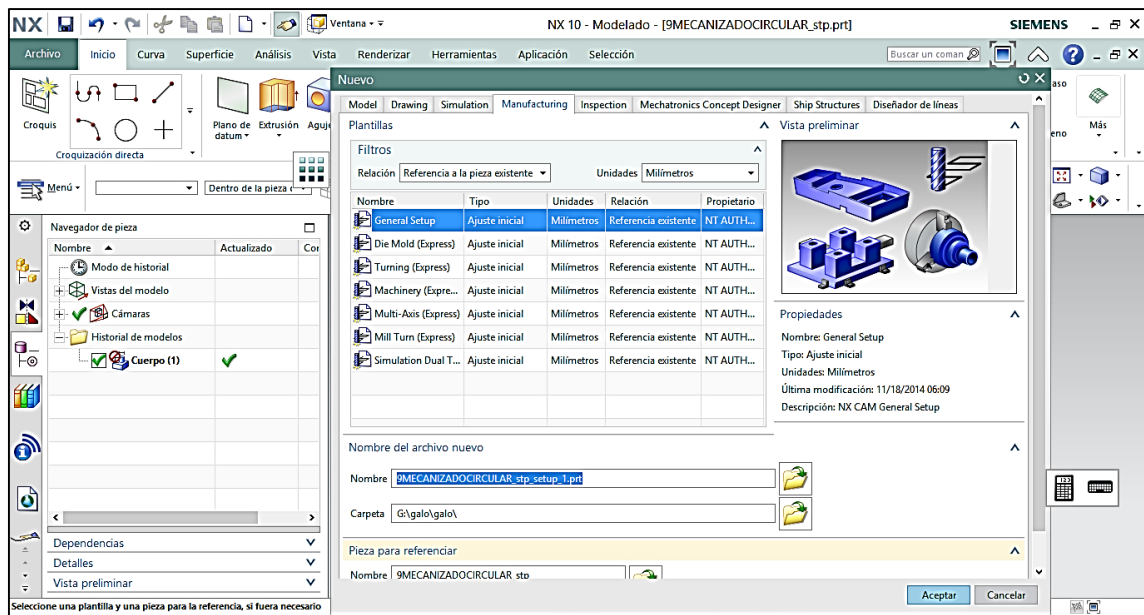




SECCIÓN A-A

Modelado CAM en el software Siemens NX 10

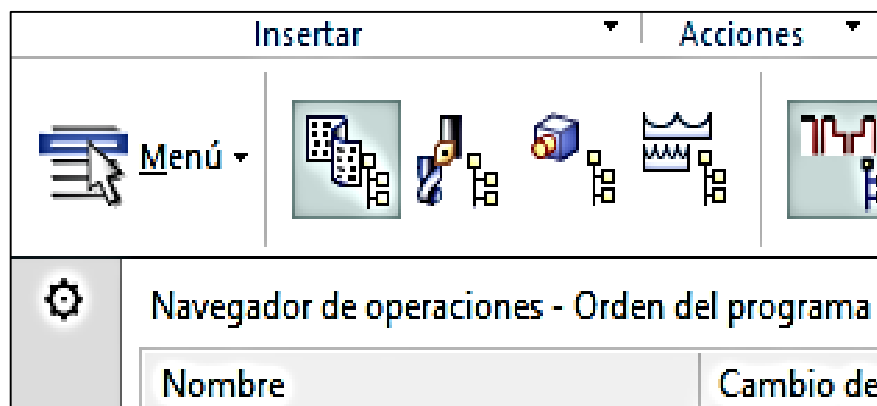
Para la operación de mecanizado es necesario trasladarse del espacio de modelado al espacio de manufactura en NX. Se realiza dando clic el Archivo ubicado en la esquina superior izquierda seleccionando nuevo y se desglosa una serie de operaciones, con un clic en manufactura selecciona la máquina por defecto y elegimos la carpeta en la que se desea guardar la programación que tendrá una extensión.



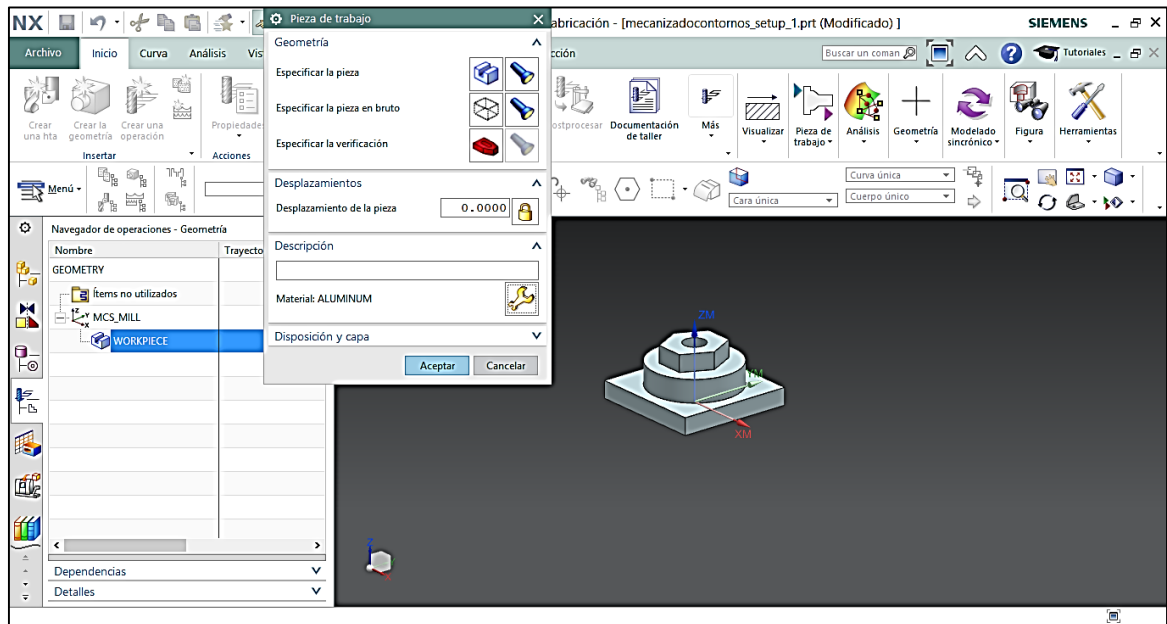
Con la pieza en el espacio de trabajo se procede a determinar el cero pieza y la geometría del material en bruto. En la parte superior del navegador de operaciones se encuentran cuatro opciones:

- Vista de orden del programa.
- Vista de la máquina herramienta.
- Vista de la geometría.
- Vista del orden de maquinado.

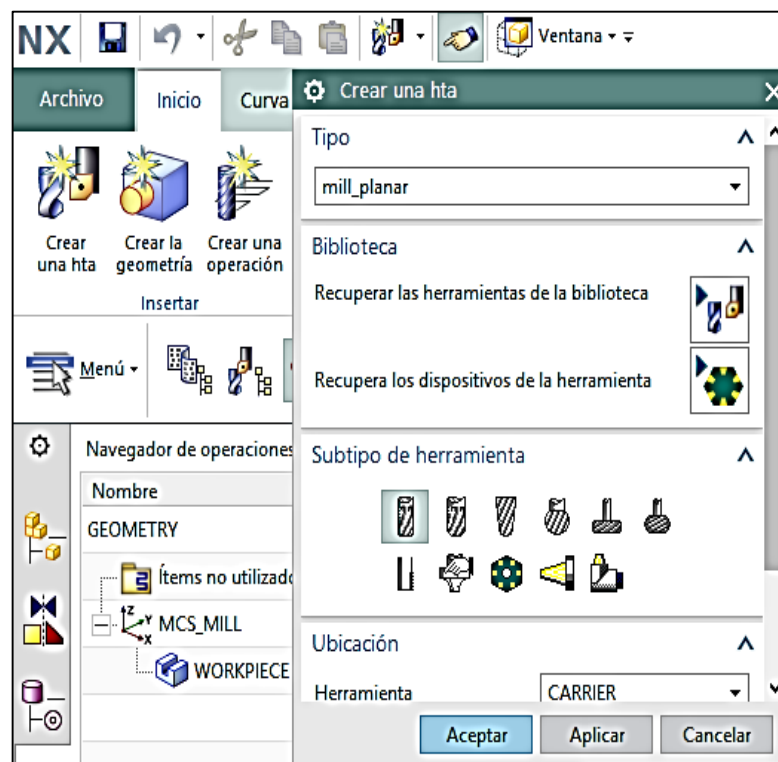
Seleccionar vista de geometría.



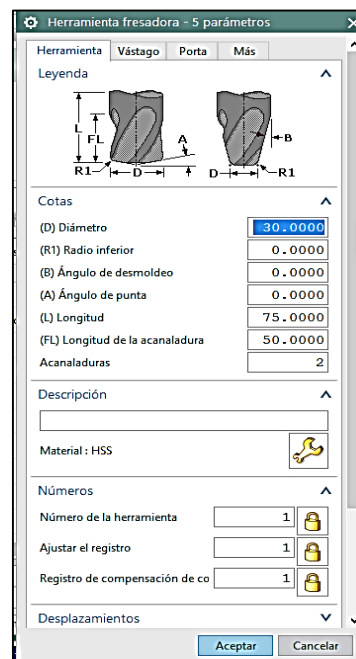
En vista de geometría se agrega la pieza a mecanizar y el material en bruto.



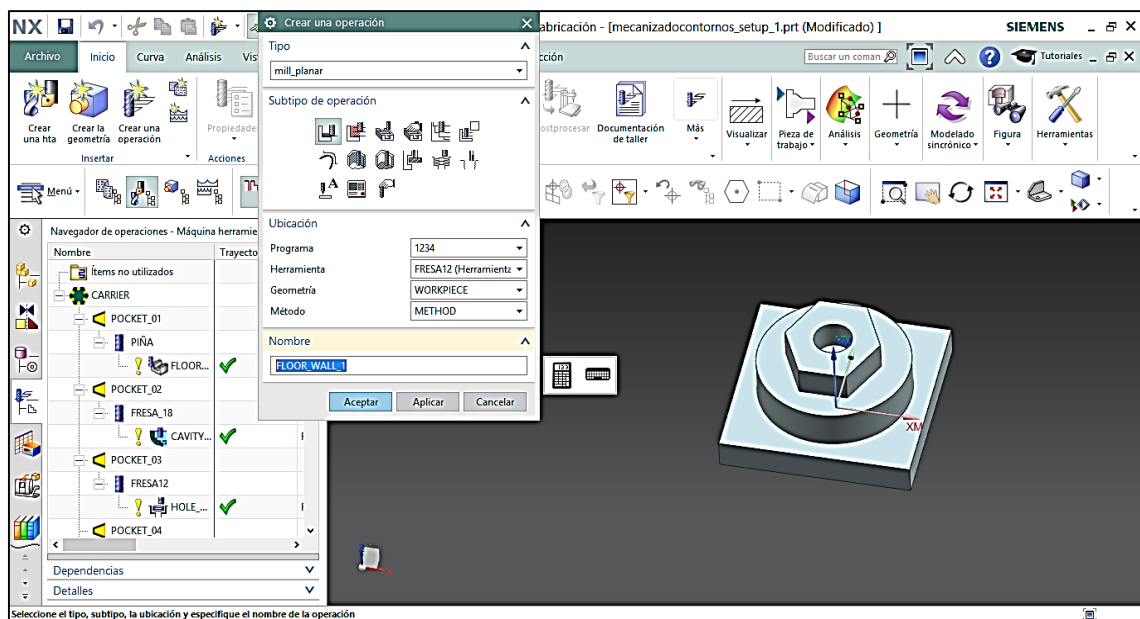
Con los parámetros determinados se procede a crear los diferentes tipos de herramientas a utilizar. Con la operación de crear herramienta, se elige el tipo de herramienta de acuerdo al tipo de necesidad y se coloca en el porta herramientas que va estar ubicado.



Asignado el nombre y el tipo de herramienta se abre un cuadro de diálogo en el que se indica geometría de la herramienta.



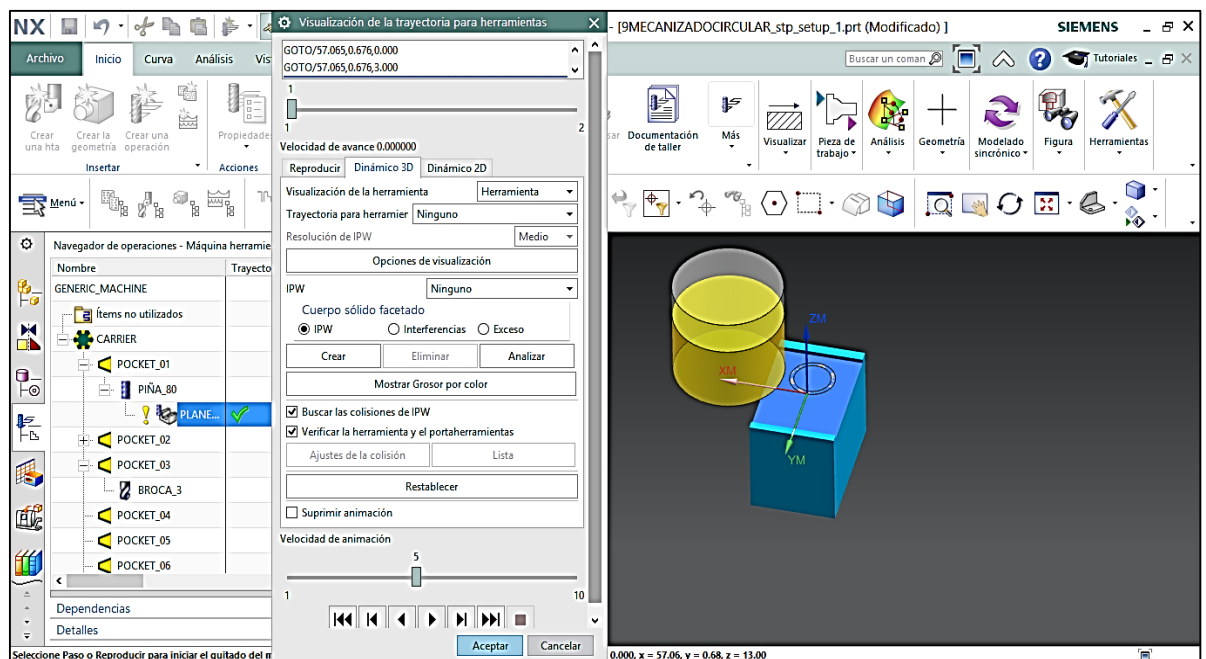
Con las herramientas listas se procede a crear la programación con el ícono crear operaciones, es necesario tener claro las estrategias de mecanizado. Dentro de esta ventana se encuentran diferentes tipos de estrategias de mecanizado para este caso se comienza utilizando un planeado de las superficies Mill_planear.

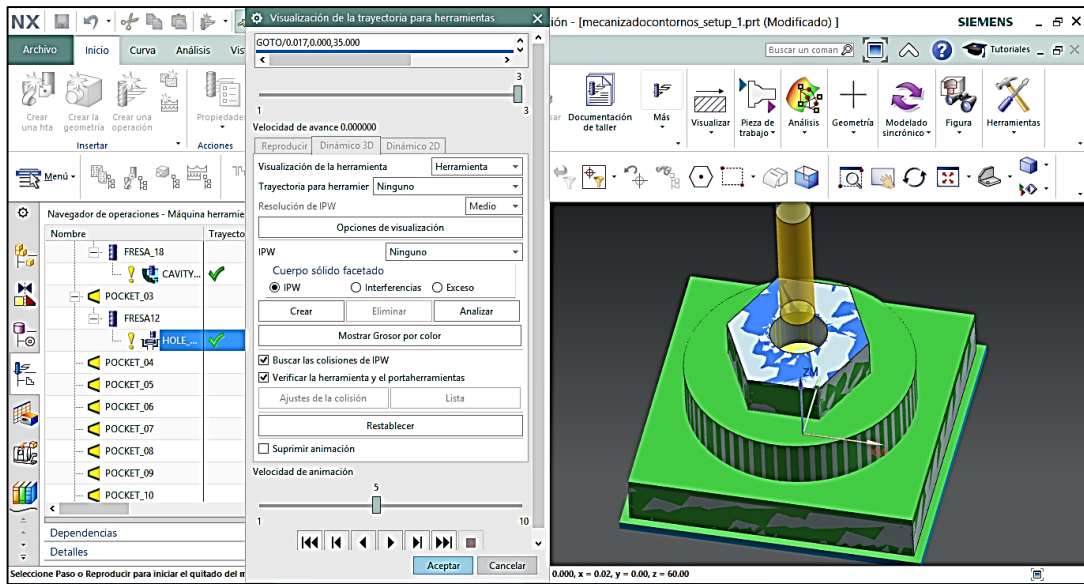


Para realizar el mecanizado de contornos en esta pieza se utiliza las estrategias de Mill_contour dentro de esta opción se encuentran una serie de operaciones, eligiendo la mejor opción.



Simulación del proceso de mecanizado





Generación de los códigos de programación

G90 G71 G17 G40 G75 G54
 T4 M6
 G0 X-.1 Y-113.305 S1500 M3
 G0 Z10.
 G1 Z-2. F800.
 Y112.695 F700.
 G0 Z10.
 M5
 G91 G28 Z0.
 A0.
 M01
 T5 M6
 G0 G90 G54 X-68. Y6. A0. S1500 M3
 G43 H5 Z10.
 G1 Z-2. F800.
 X-62. F700.
 G2 X-56. Y0. I-62. J0.
 G1 Y-50.
 G3 X-50. Y-56. I-50. J-50.
 G1 X50.
 G3 X56. Y-50. I50. J-50.
 G1 Y50.
 G3 X50. Y56. I50. J50.
 G1 X-50.
 G3 X-56. Y50. I-50. J50.
 G1 Y0.
 G2 X-62. Y-6. I-62. J0.

...G2 X-56. Y0. I-62. J0.
 G1 Y-50.
 G3 X-50. Y-56. I-50. J-50.
 G1 X50.
 G3 X56. Y-50. I50. J-50.
 Y6.
 G1 Z-6. F800.
 X-62. F700.
 G2 X-56. Y0. I-62. J0.
 G1 Y-50.
 G3 X-50. Y-56. I-50. J-50.
 G1 X50.
 G3 X56. Y-50. I50. J-50.
 G1 Y50.
 G3 X50. Y56. I50. J50.
 G1 X-50.
 G1 X50.
 G3 X56. Y-50. I50. J-50.
 G1 Y50.
 G3 X50. Y56. I50. J50.
 G0 Z2.
 Y6.
 G1 Z-10. F800.
 X-62. F700.
 T6 M6
 G0 X.017 Y0. S500 M3
 G0 Z10.
 G1 Z-15. F400.

G1 X-68. G0 Z8. Y6. G1 Z-4. F800. X-62. F700...	G4 P.5 G0 Z10. M5 M30
---	--------------------------------

Mecanizado de la pieza en el VMC 800 BRIDGEPORT

Para efectuar el mecanizado de la pieza de trabajo en el centro de mecanizado vertical VMC 800 Bridgeport, primeramente se realiza el ajuste inicial conforme lo indicado en la práctica No.2 “Operación y funcionamiento”, en su apartado correspondiente al procedimiento de trabajo. Se debe seguir las indicaciones desde el encendido de la máquina, el montaje de la herramienta y cero de la pieza, el ingreso de los códigos en el centro de mecanizado, el desarrollo del proceso de mecanizado, hasta el apagado de la máquina.

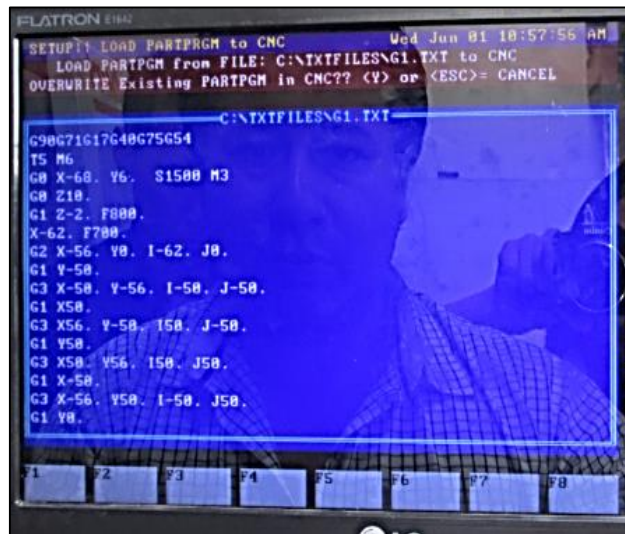
En correspondencia con el párrafo anterior, para el presente caso se deberán seguir las siguientes consideraciones particulares:

Ubicar el bloque a mecanizar en la , encerar los ejes.

Montar la herramienta que corresponda al centro de mecanizado.



Realizar la recepción de códigos desde el programa hacia el centro de mecanizado.



Pulsar el botón de inicio para que inicie el ciclo de mecanizado del programa.

Para esta programación primera la fresa #83 realiza el desbaste de la pieza dejando una superficie recta.



Luego del cambio de herramienta trabaja en la operación la fresa plana #18 obteniendo la forma circular y hexagonal deseada para la pieza.



Con la fresa plana #10 se realiza un agujero en el centro de la pieza como resultado final de la operación.

Revisar constantemente que se esté ejecutando correctamente los códigos según lo requerido en la programación.

Una vez terminada la pieza retirar con cuidado de la mordaza y procurando que la máquina no esté ejecutando alguna operación.

Revisar el resultado.

Resultado



4.17.11 *Informe de la práctica*

Título de la práctica

Integrantes

Objetivos

Instrumentos y equipos

Normas de seguridad

Planos

Descripción de la práctica

Análisis de resultados

Conclusiones y recomendaciones

Bibliografía

Anexos

MANUAL DE OPERACIONES BÁSICAS DEL CENTRO DE MECANIZADO CNC BRIDGEPORT

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



GUÍA PRÁCTICA No.7

4.18 *Guía Práctica No.7*

4.18.1 *Tema.* Mecanizado circular.

4.18.2 *Equipo Técnico*

- Responsable:

El responsable de dirigir la práctica será el Ing. Ángel Guamán.

- Participantes:

Estudiantes de la asignatura de CAD/CAM, se conformarán grupos de trabajo de cuatro o cinco estudiantes, para que operen el centro de mecanizado de forma simultánea.

4.18.3 *Objetivo General.* Realizar el diseño, programación, simulación y el mecanizado circular de una pieza.

4.18.4 *Objetivos Específicos*

- Realizar el diseño, programación y simulación de la pieza a mecanizar en el software SIEMENS NX10.
- Mecanizar la pieza en el centro de mecanizado BRIDGEPORT VMC 800.
- Conocer todos los parámetros a seguir para realizar la operación de mecanizado circular.

4.18.5 *Método*

- Diseño y aplicación del programa del ciclo de mecanizado.
- Preparación de la máquina para la aplicación del programa diseñado.

4.18.6 *Instrumentos y equipos*

- Centro de mecanizado BRIDGEPORT VMC 800.
- Bloque de madera 110x70x70 mm.
- Mordaza.
- Buscador de centros.



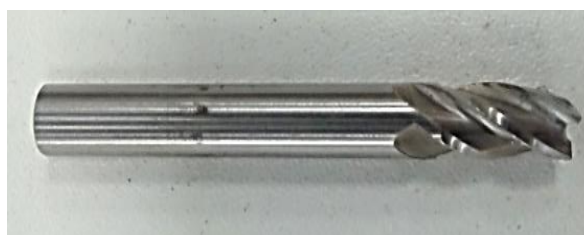
- Calibrador.



- Fresa plana #18.



- Fresa plana #8.



- Broca #6.



4.18.7 *Normas de seguridad*

Se cumplirán estrictamente las normas de seguridad indicadas en la guía práctica No.1 “Introducción, partes principales, especificaciones técnicas y seguridades del Centro de Mecanizado Vertical”, en lo correspondiente a las medidas de prevención generales, a las medidas de protección, a la indumentaria de trabajo, a la operación y mantenimiento del centro de mecanizado.

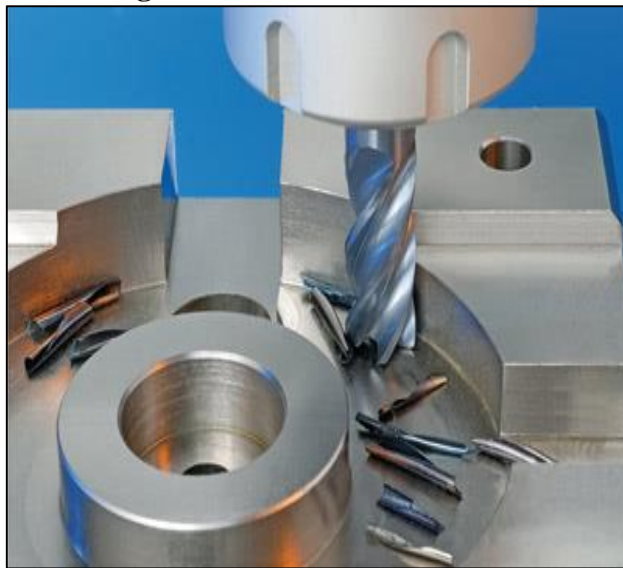
4.18.8 *Consideraciones Teóricas*

Generalidades. El mecanizado circular consiste en realizar formas cilíndricas o redondas a las piezas según el diseño deseado.

Para este tipo de mecanizado se utilizan fresas cilíndricas en posición vertical. El fresado circular se efectúa con una fresa al aire, colocando la pieza en el plato vertical (o en el universal, colocando su eje verticalmente).

Con esta operación se puede efectuar superficies cilíndricas o cónicas. Aunque esta operación es una especie de torneado, muchas veces no se puede ejecutar en el torno por ser limitada a una porción de circunferencia menor de 360° .

Figura 24. Mecanizado circular.



Fuente: Autor

La estructura de un programa para el mecanizado circular está constituido por una serie de secuencias y funciones donde se van programando las tareas que debe realizar la máquina de acuerdo con los parámetros de la pieza y las condiciones tecnológicas de su mecanizado.

Antes de empezar un programa de mecanizado se tiene que conocer apropiadamente el mecanizado a realizarse y las dimensiones así como las características del material de partida. Con estos conocimientos previos, se establece el sistema de fijación de la pieza, las condiciones en cuanto a velocidad de corte, avance y número de pasadas.

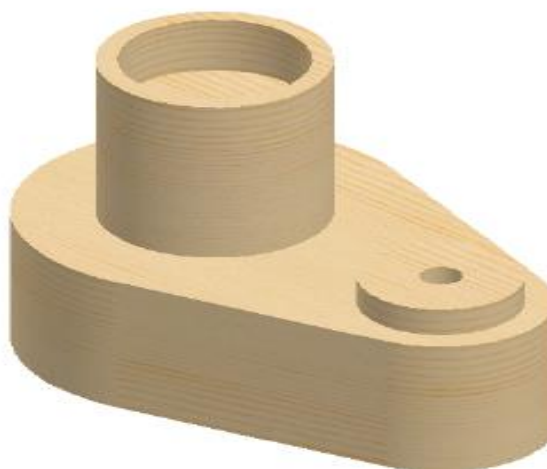
4.18.9 *Procedimiento*

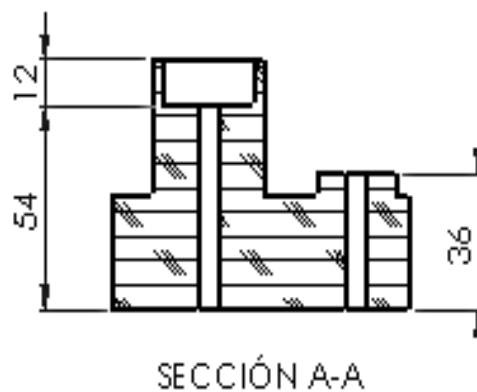
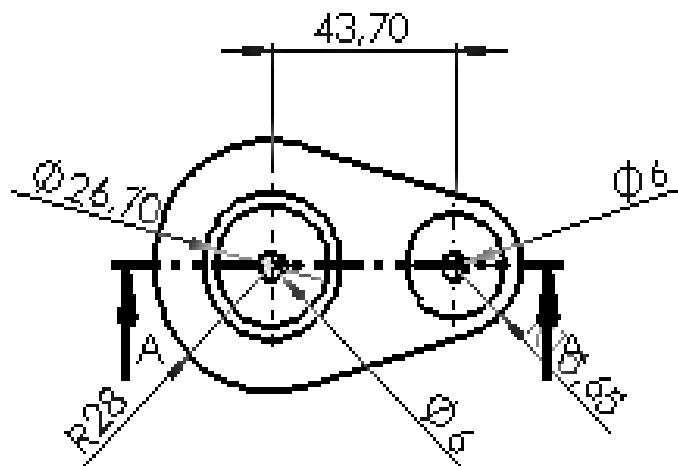
1. Diseñar el programa a mecanizar en el software SIEMENS NX10.

2. Utilizar obligatoriamente los equipos de protección personal y respetar las normas de seguridad dentro del laboratorio.
3. Encender el centro de mecanizado (ver procedimiento de la práctica No. 2).
4. Configurar el cero pieza (ver procedimiento de la práctica No. 2).
5. Comprobar que la pieza y herramienta de trabajo estén posicionadas adecuadamente y firmemente sujetadas.
6. Realizar la recepción de la programación en el centro de mecanizado (ver procedimiento de la práctica No. 2).
7. Ejecutar el programa para que la máquina realice el mecanizado correspondiente.
8. Una vez terminada la operación retirar el elemento maquinado.
9. Apagar la máquina.
10. Realizar la limpieza general del centro de mecanizado.

4.18.10 *Ejemplo de aplicación*

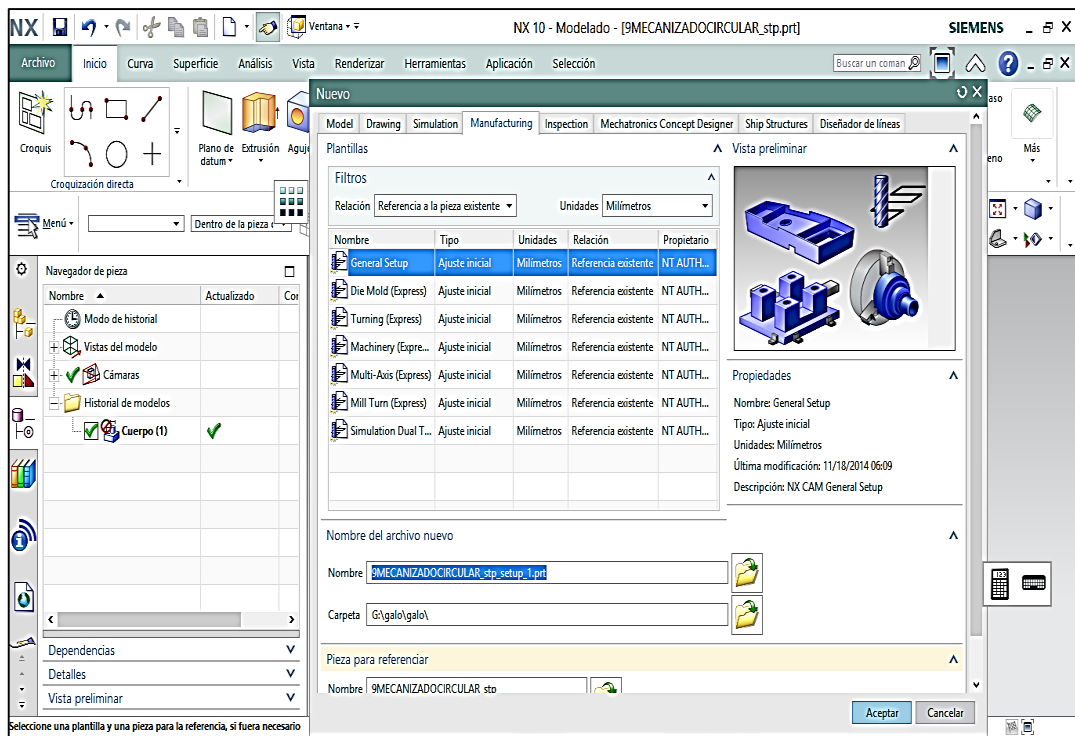
Modelado CAD





Modelado CAM en el software Siemens NX 10

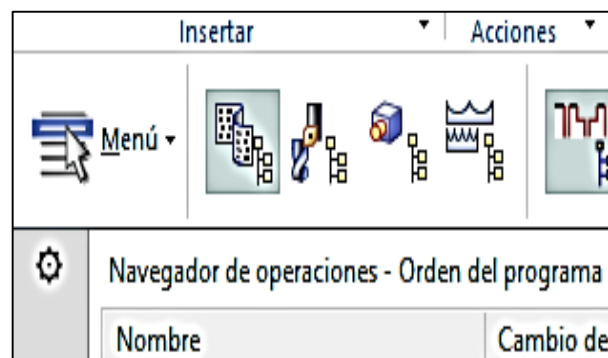
Para la operación de mecanizado es necesario trasladarse del espacio de modelado al espacio de manufactura en NX. Se realiza dando clic el archivo ubicado en la esquina superior izquierda seleccionando nuevo y se desglosa una serie de operaciones, con un clic en manufactura selecciona la máquina por defecto y se elige la carpeta en la que se desea guardar la programación que tendrá una extensión.



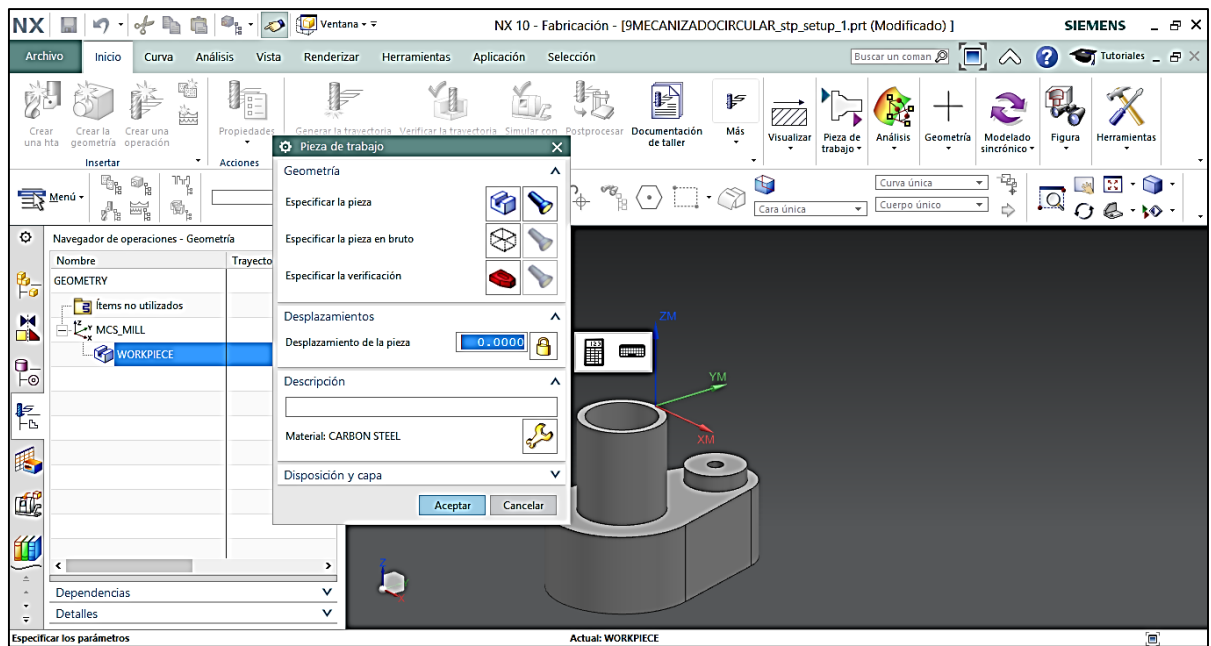
Con la pieza en el espacio de trabajo se procede a determinar el cero pieza y la geometría del material en bruto. En la parte superior del navegador de operaciones se encuentran cuatro opciones:

- Vista de orden del programa.
- Vista de la máquina herramienta.
- Vista de la geometría.
- Vista del orden de maquinado.

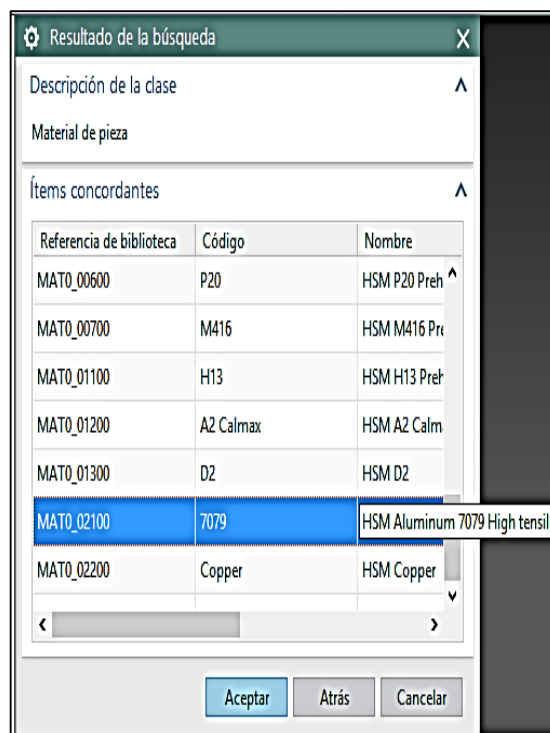
Seleccionar vista de geometría.



En vista de geometría se agrega la pieza a mecanizar y el material en bruto.



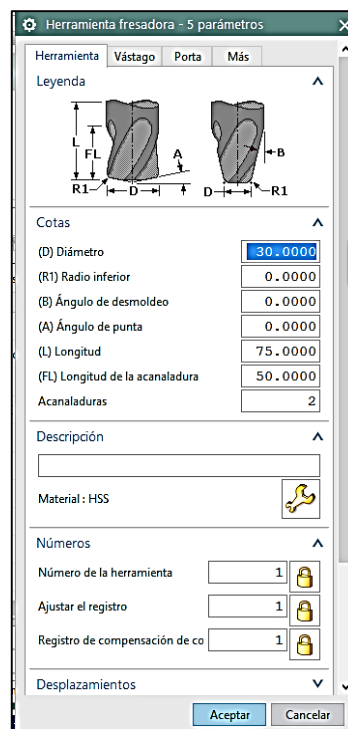
En la parte inferior derecha de la ventana de trabajo hay un ícono de una pieza que sirve para agregar el tipo del material que se va mecanizar.



Con los parámetros determinados se procede a crear los diferentes tipos de herramientas a utilizar. Con la operación de crear herramienta, se elige el tipo de herramienta de acuerdo al tipo de necesidad y se coloca en el porta herramientas que va estar ubicado.

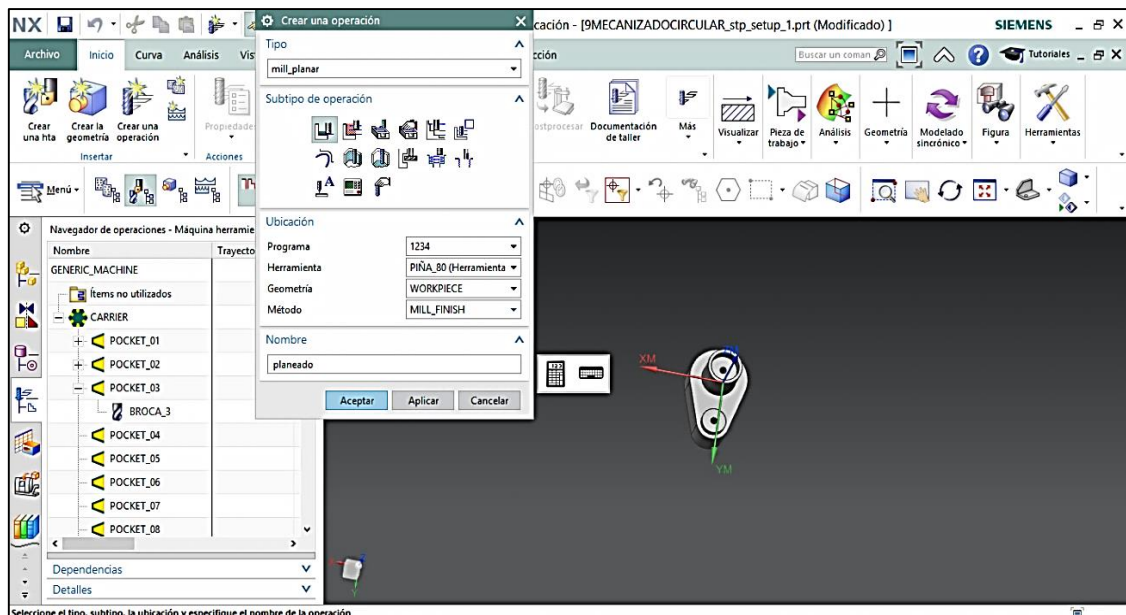


Asignado el nombre y el tipo de herramienta se abre un cuadro de diálogo en el que indica la geometría de la herramienta.

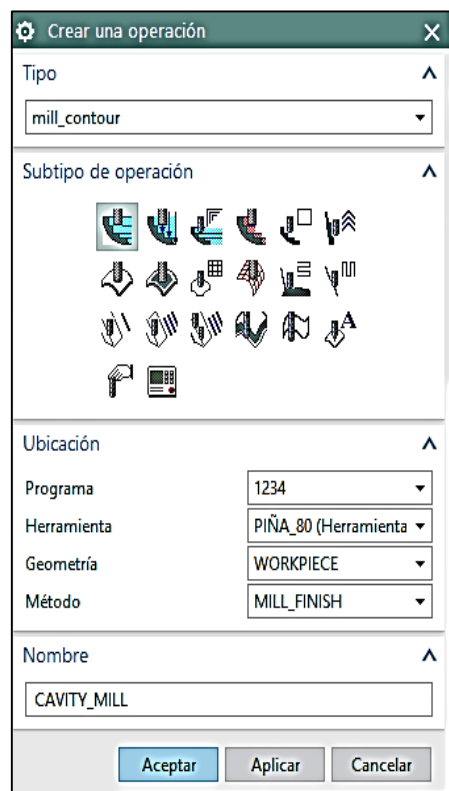


Con las herramientas listas se procede a crear la programación con el ícono crear operaciones, es necesario tener claro las estrategias de mecanizado.

Dentro de esta ventana se encuentran diferentes tipos de estrategias de mecanizado para este caso se comienza utilizando un planeado de las superficies Mill_planear.

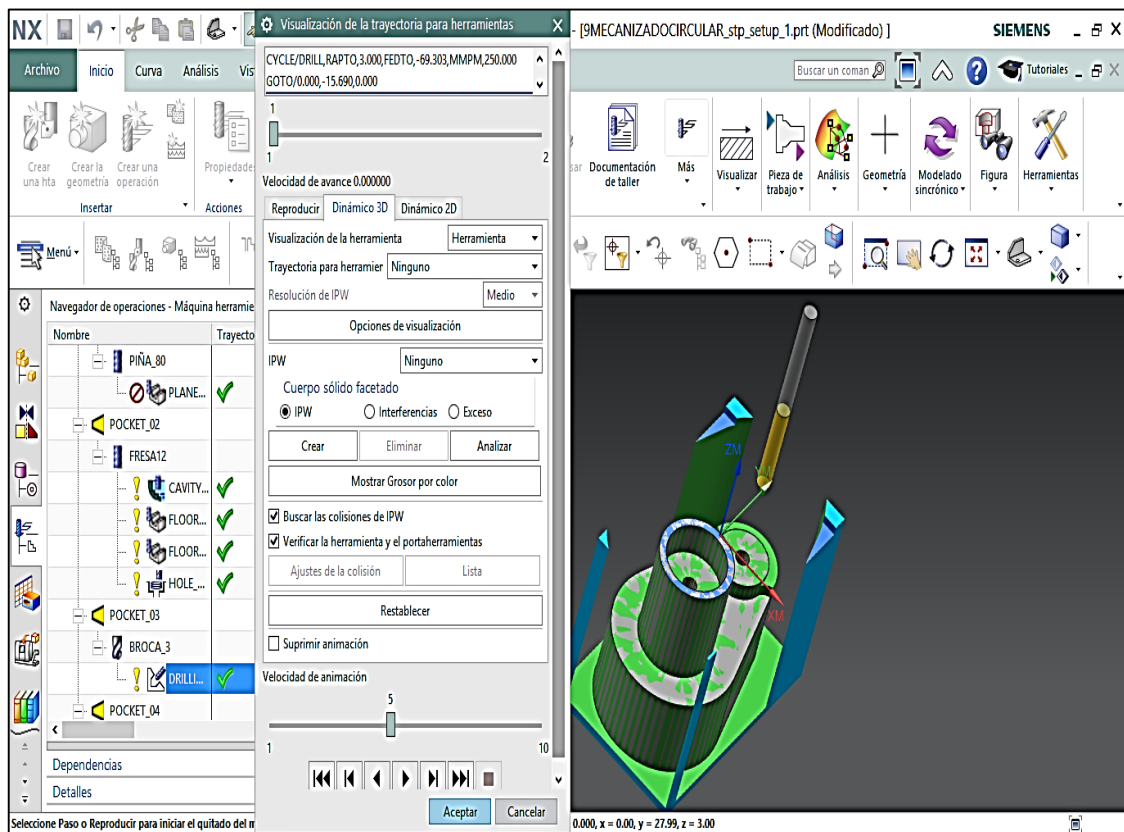
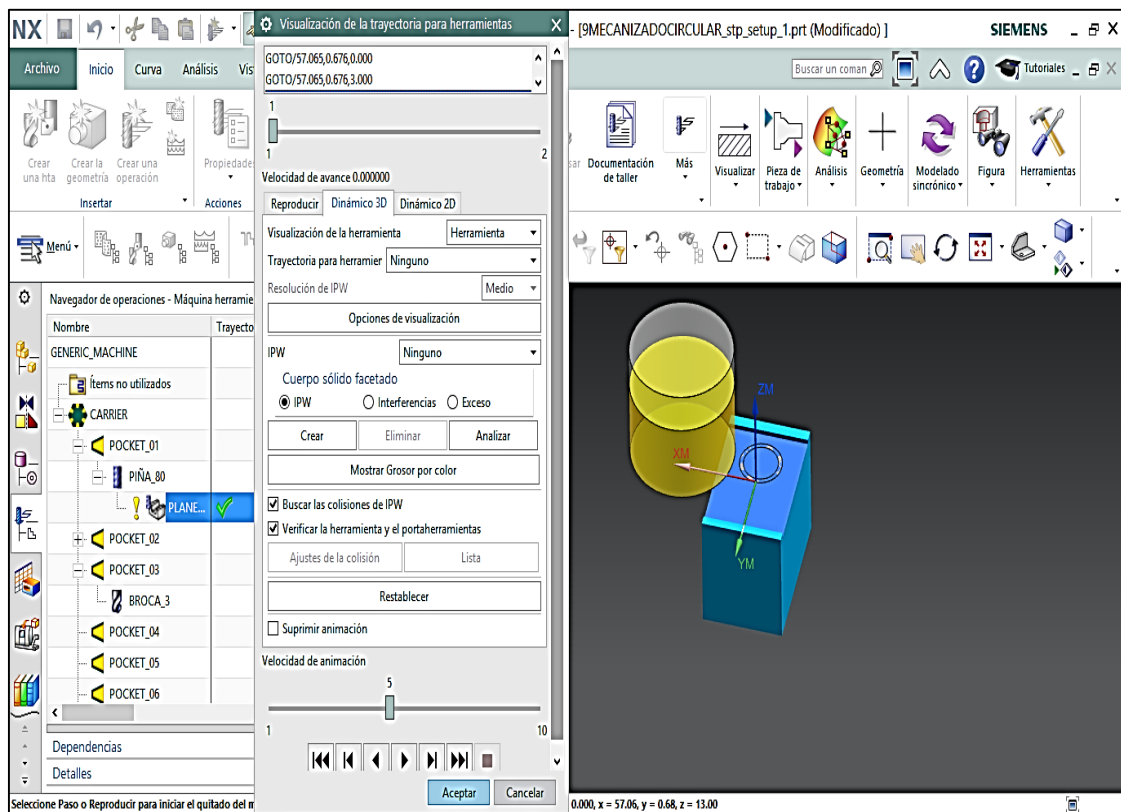


Para poder realizar el mecanizado de contornos utilizamos las estrategias de Mill_contour dentro de esta opción se encuentran una serie de operaciones, eligiendo la mejor para la pieza.



Como resultado final se obtiene la pieza ya mecanizada.

Simulación del proceso de mecanizado



Generación de los códigos de programación

G90 G71 G17 G40 G75 G54 T4 M6 G0 X0. Y-131.65 S1500 M3 G0 Z10. Z5. G1 Z-2. F1000. Y131.65 F900. G0 Z8. M5 G91 G28 Z0. A0. M01 T1 M6 G0 G90 G54 X-30. Y-42.69 A0. S1500 M3 G43 H1 Z10. Z5. G1 Z-19.5 F1000. X30. Y-35.19 X13.758 Y-45.19 X32.5 Y12.31 X-32.5 G0 Z10. X21.365 Y-15.69 Z5. G1 Z-19.5 G2 X0. Y-37.055 I0. J-15.69 X-21.365 Y-15.69 I0. J-15.69 X0. Y5.675 I0. J-15.69...	...G3 X20.629 Y-27.69 I0. J-15.69 G1 X30. Y-20.19 X23.437 G3 X23.865 Y-15.69 I0. J-15.69 X23.676 Y-12.69 I0. J-15.69 G3 X-21.431 Y-5.19 I0. J-15.69 G1 X-30. Y-12.69 X-23.676 G3 X-23.865 Y-15.69 I0. J-15.69 X-23.437 Y-20.19 I0. J-15.69 G1 X-30. Y-27.69 X-20.629 G3 X-13.758 Y-35.19 I0. J-15.69 G1 X-30. G0 Z10. X-32.5 Y12.31 Z5. G1 Z-19.5 X21.365 Y-15.69 I0. J-15.69 G0 Z10. X-30. Y-42.69 G4 P.5 G0 Z10. Y27.99 G1 Z-68. G4 P.5 G0 Z10. M5 M30
---	---

Mecanizado de la pieza en el VMC 800 BRIDGEPORT

Para efectuar el mecanizado de la pieza de trabajo en el centro de mecanizado vertical VMC 800 Bridgeport, primeramente se realiza el ajuste inicial conforme lo indicado en la práctica No.2 “Operación y funcionamiento”, en su apartado correspondiente al procedimiento de trabajo. Se debe seguir las indicaciones desde el encendido de la máquina, el montaje de la herramienta y cero de la pieza, el ingreso de los códigos en el centro de mecanizado, el desarrollo del proceso de mecanizado, hasta el apagado de la máquina.

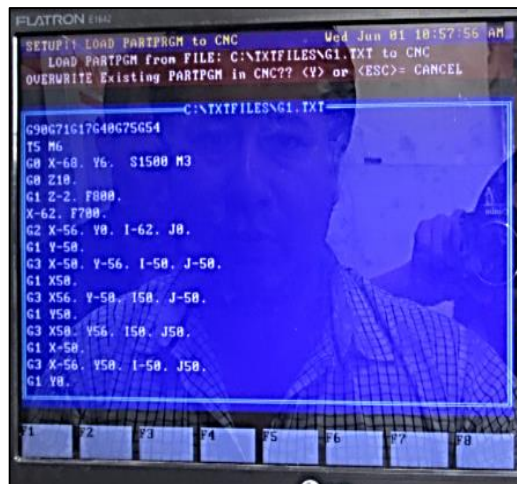
En correspondencia con el párrafo anterior, para el presente caso se deberán seguir las siguientes consideraciones particulares:

Ubicar el bloque a mecanizar en la mordaza, encerar los ejes.

Montar la herramienta que corresponda al centro de mecanizado.



Realizar la recepción de códigos desde el programa hacia el centro de mecanizado.



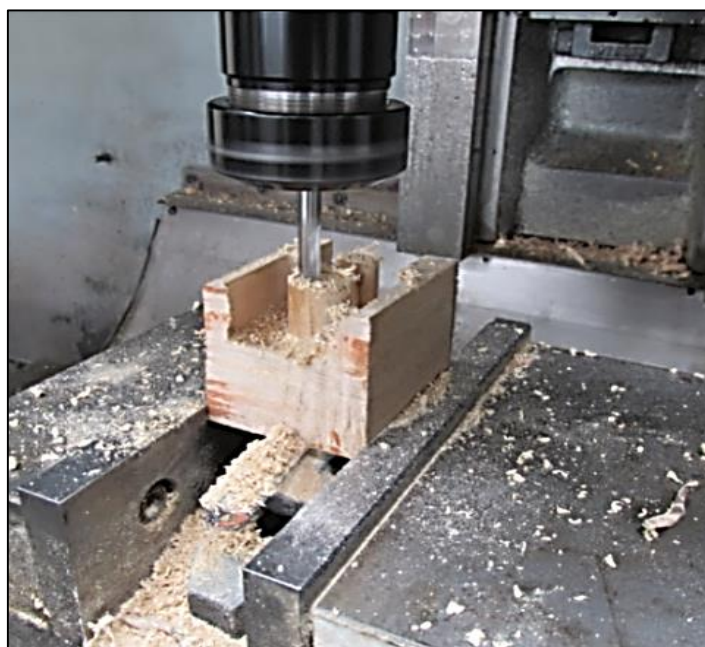
Pulsar el botón de inicio para que inicie el ciclo de mecanizado del programa.

Para esta operación de ciclos de mecanizado se trabaja con la fresa plana #8 para dar la forma circular de la parte superior de la pieza.

Cerrar las puertas una vez que el centro de mecanizado esté ejecutando la programación.



Con la broca se procede a hacer agujeros en la parte indicada del diseño.



Con la fresa plana #18 se mecaniza la parte inferior dando de la misma forma un acabado circular.



Resultado



4.18.11 Informe de la práctica

Título de la práctica

Integrantes

Objetivos

Instrumentos y equipos

Normas de seguridad

Planos

Descripción de la práctica

Análisis de resultados

Conclusiones y recomendaciones

Bibliografía

Anexos

MANUAL DE OPERACIONES BÁSICAS DEL CENTRO DE MECANIZADO CNC BRIDGEPORT

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



GUÍA PRÁCTICA No.8

4.19 *Guía Práctica No.8*

4.19.1 *Tema.* Taladrado.

4.19.2 *Equipo Técnico*

- Responsable:

El responsable de dirigir la práctica será el Ing. Ángel Guamán.

- Participantes:

Estudiantes de la asignatura de CAD/CAM, se conformarán grupos de trabajo de cuatro o cinco estudiantes, para que operen el centro de mecanizado de forma simultánea.

4.19.3 *Objetivo General.* Realizar el diseño, programación, simulación y el taladrado de una pieza.

4.19.4 *Objetivos Específicos*

- Realizar el diseño, programación y simulación de la pieza a mecanizar en el software SIEMENS NX10.
- Mecanizar la pieza en el centro de mecanizado BRIDGEPORT VMC 800.
- Conocer todos los parámetros a seguir para realizar la operación de taladrado.

4.19.5 *Método*

- Diseño y aplicación del programa del ciclo de mecanizado.
- Preparación de la máquina para la aplicación del programa diseñado.

4.19.6 *Instrumentos y equipos*

- Centro de mecanizado BRIDGEPORT VMC 800.
- Bloque de madera 110x60x30 mm.
- Mordaza.
- Buscador de centros.



- Calibrador.



- Fresa plana #12.



- Broca #9.



4.19.7 *Normas de seguridad*

Se cumplirán estrictamente las normas de seguridad indicadas en la guía práctica No.1 “Introducción, partes principales, especificaciones técnicas y seguridades del Centro de Mecanizado Vertical”, en lo correspondiente a las medidas de prevención generales, a las medidas de protección, a la indumentaria de trabajo, a la operación y mantenimiento del centro de mecanizado.

4.19.8 *Consideraciones Teóricas*

Generalidades. El taladrado consiste en realizar agujeros en las piezas de diferente diámetro y longitud según el diseño deseado.

La estructura de un programa para el taladrado está constituido por una serie de secuencias y funciones donde se van programando las tareas que debe realizar la máquina de acuerdo con los parámetros de la pieza y las condiciones tecnológicas de su mecanizado.

Antes de empezar un programa de mecanizado se tiene que conocer apropiadamente el mecanizado a realizarse y las dimensiones así como las características del material de partida.

Con estos conocimientos previos, se establece el sistema de fijación de la pieza, las condiciones en cuanto a velocidad de corte, avance y numero de pasadas.

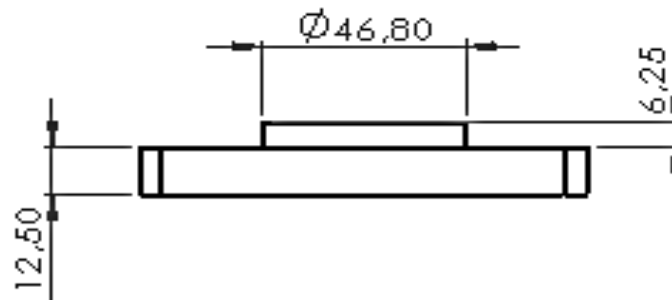
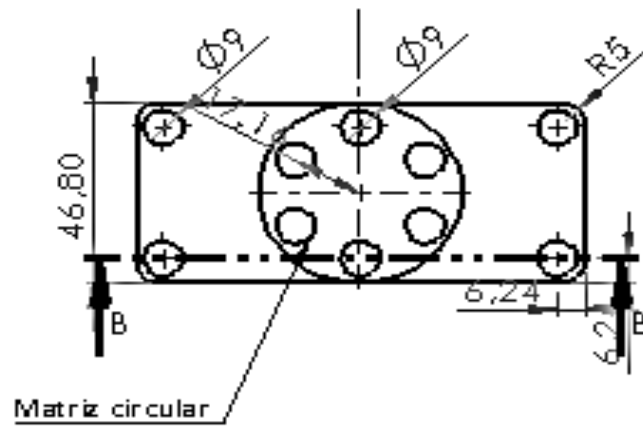
4.19.9 *Procedimiento*

1. Diseñar el programa a mecanizar en el software SIEMENS NX10.
2. Utilizar obligatoriamente los equipos de protección personal y respetar las normas de seguridad dentro del laboratorio.
3. Encender el centro de mecanizado (ver procedimiento de la práctica No. 2).
4. Configurar el cero pieza (ver procedimiento de la práctica No. 2).
5. Comprobar que la pieza y herramienta de trabajo estén posicionadas adecuadamente y firmemente sujetadas.
6. Realizar la recepción de la programación en el centro de mecanizado (ver procedimiento de la práctica No. 2).
7. Ejecutar el programa para que la máquina realice el mecanizado correspondiente.
8. Una vez terminada la operación retirar el elemento maquinado.
9. Apagar la máquina.
10. Realizar la limpieza general del centro de mecanizado.

4.19.10 *Ejemplo de aplicación*

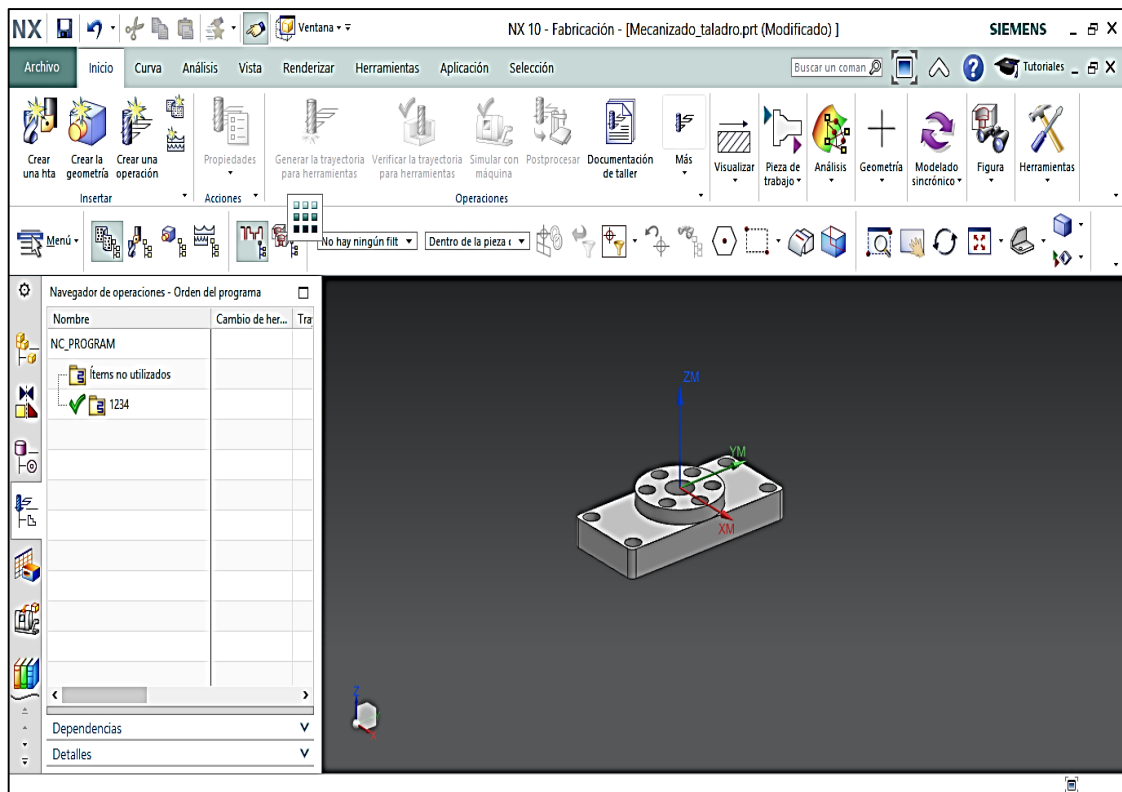
Modelado CAD





Modelado CAM en el software Siemens NX 10

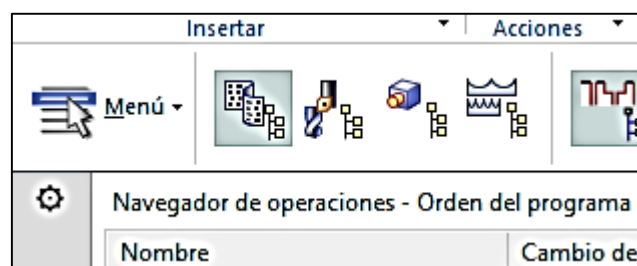
Para la operación de mecanizado es necesario trasladarse del espacio de modelado al espacio de manufactura en NX. Se realiza dando clic el archivo ubicado en la esquina superior izquierda seleccionando nuevo y se desglosa una serie de operaciones, con un clic en manufactura selecciona la máquina por defecto y se elige la carpeta en la que se desea guardar la programación que tendrá una extensión.



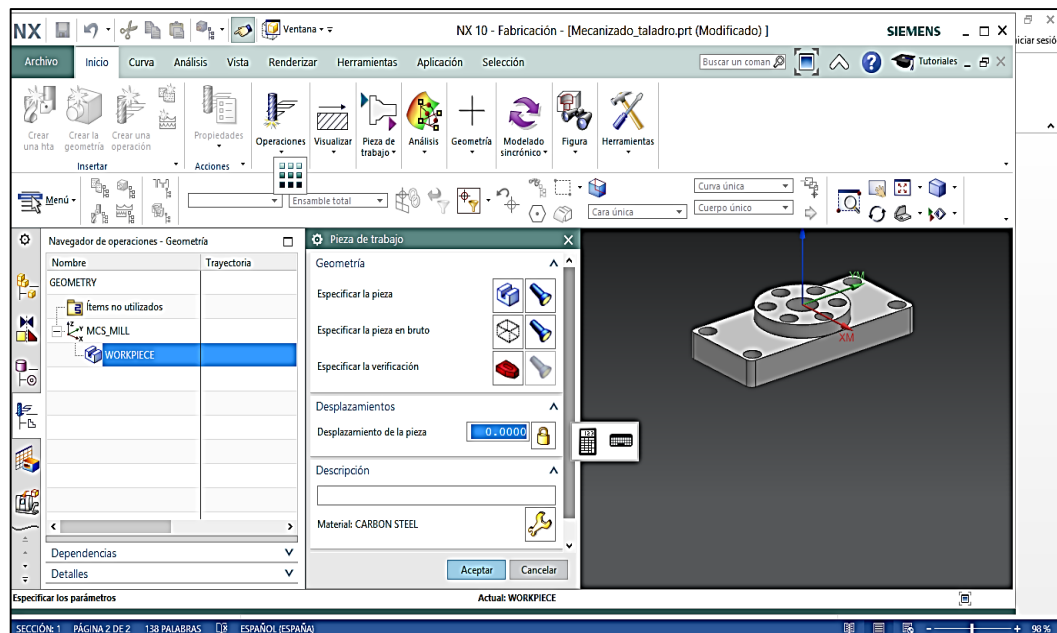
Con la pieza en el espacio de trabajo se procede a determinar el cero pieza y la geometría del material en bruto. En la parte superior del navegador de operaciones se encuentran cuatro opciones:

- Vista de orden del programa.
- Vista de la máquina herramienta.
- Vista de la geometría.
- Vista del orden de maquinado.

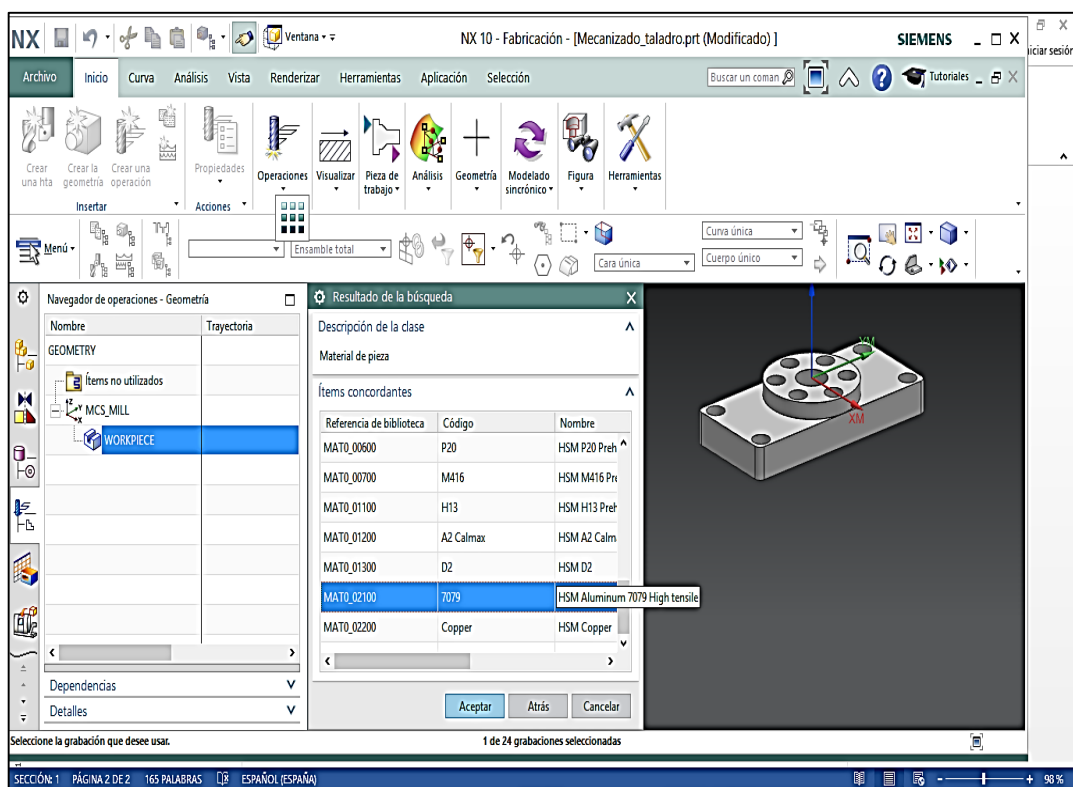
Seleccionar vista de geometría.



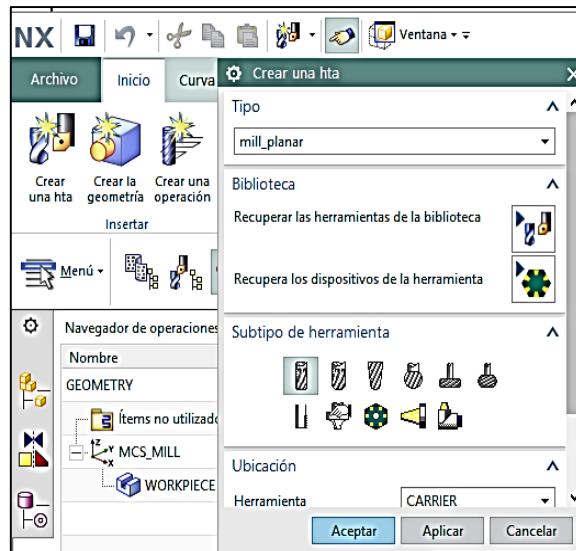
En vista de geometría se agrega la pieza a mecanizar y el material en bruto.



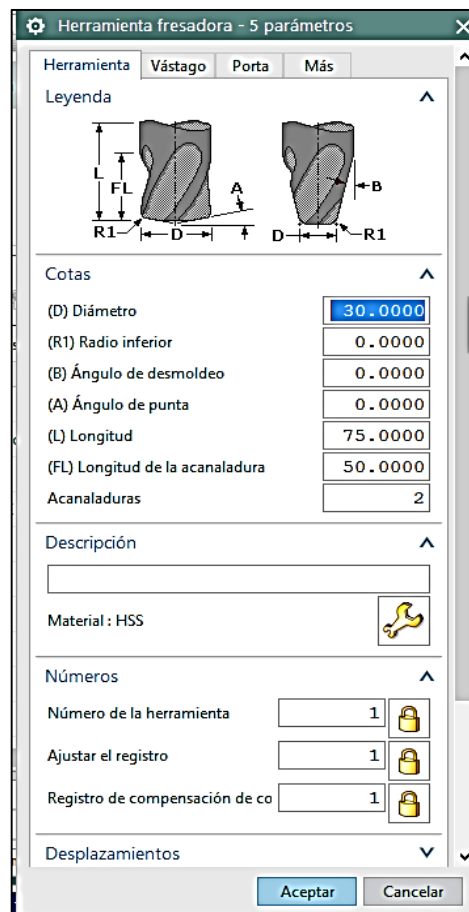
En la parte inferior derecha de la ventana de trabajo hay un ícono de una pieza que sirve para agregar el tipo del material que se va mecanizar.



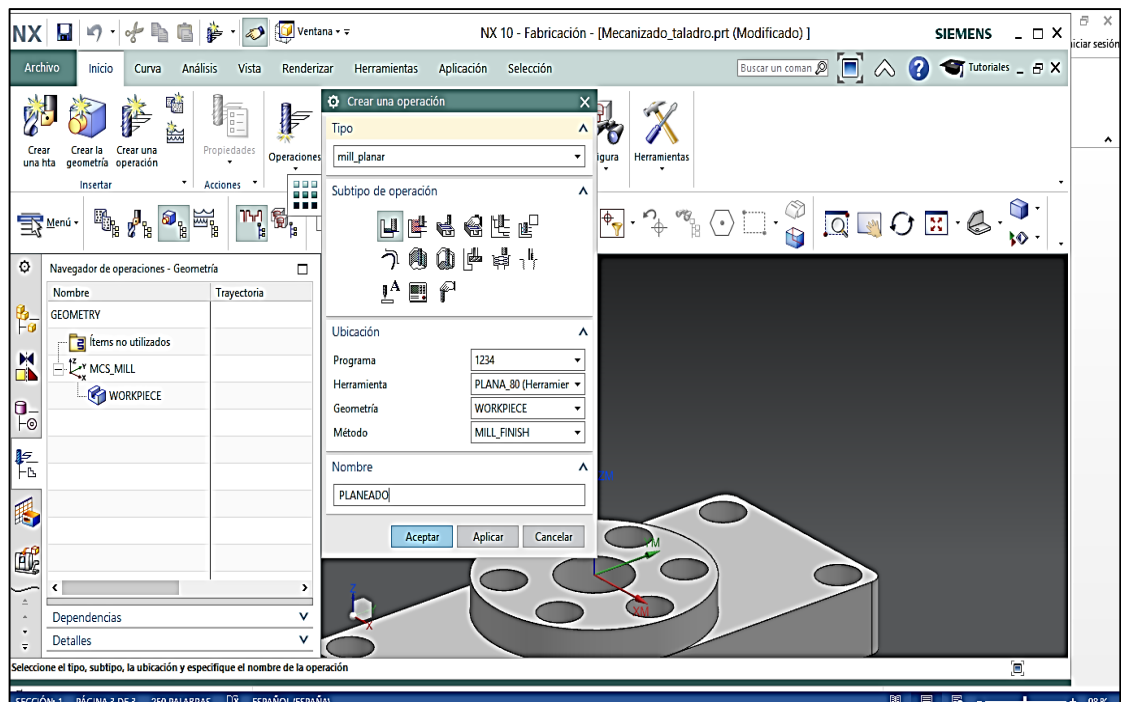
Con los parámetros determinados se procede a crear los diferentes tipos de herramientas a utilizar. Con la operación de crear herramienta, se elige el tipo de herramienta de acuerdo al tipo de necesidad y se coloca en el porta herramientas que va estar ubicado.



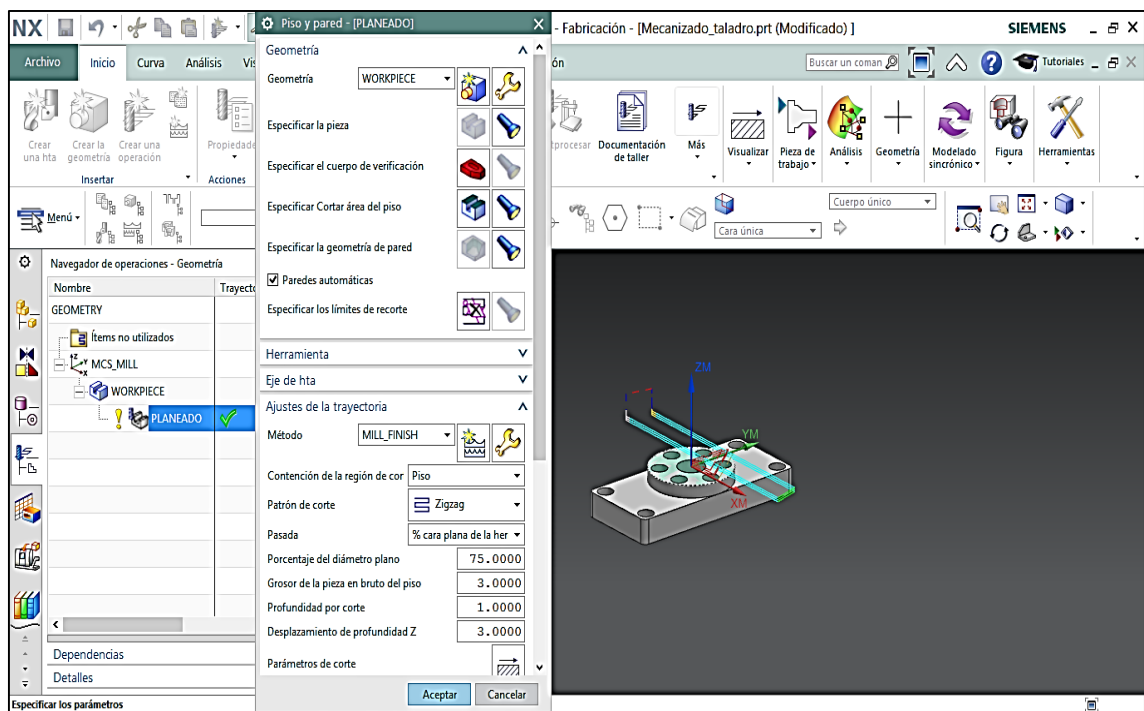
Asignado el nombre y el tipo de herramienta se abre un cuadro de diálogo en el que indica la geometría de la herramienta.



Con las herramientas listas se procede a crear la programación con el ícono crear operaciones, es necesario tener claro las estrategias de mecanizado.

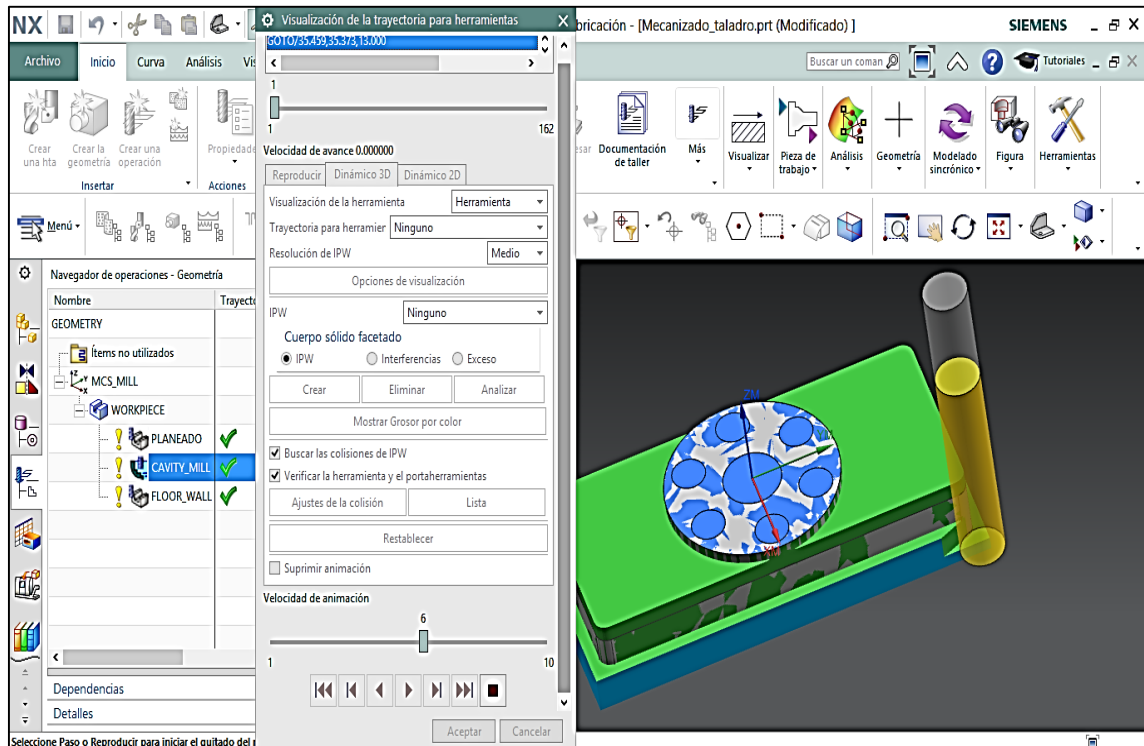


A continuación se abre una ventana indicando parámetros como el tipo de fresado, profundidades de corte, etc.



Se realiza los mismos pasos para realizar las operaciones de contornos y taladrados obteniendo como resultado la simulación de todo el proceso de construcción.

Simulación del proceso de mecanizado



Generación de los códigos de programación

G90 G71 G17 G40 G75 G54
 T1 M6
 G0 X-.685 Y-143. S1500 M3
 G0 Z8.
 M5
 T2 M6
 G0 X-29.738 Y11.637 S1500 M3
 G0 Z10.
 Z6.
 G1 Z-1. F900.
 Y20.353 F800.
 X-24.6
 G2 X-13.176 Y29.068 I-.037 J0.
 G1 X-29.738
 Y37.784
 X28.368
 Y46.5
 X-29.738
 X10.852 Y29.984
 G2 X13.103 Y29.068 I-.037 J0.
 G1 X28.368
 Y20.353

...G0 Z10.
 G1 Z-2. F800.
 Y143. F700.
 G1 X28.368
 Y20.353
 X24.527
 G0 Z8.
 X-29.738 Y11.637
 Z4.
 G1 Z-3. F900.
 Y20.353 F800.
 X-24.6
 G2 X-13.176 Y29.068 I-.037 J0.
 G1 X-29.738
 Y37.784
 X28.368
 G0 Z10.
 X8.167 Y-15.072
 G1 Z-20.
 G4 P.5
 G0 Z10.
 X-8.987 Y-14.641

X24.527 G0 Z9. X-29.738 Y11.637 Z5. G1 Z-2. F900. Y20.353 F800. X-24.6 G2 X-13.176 Y29.068 I-.037 J0. G1 X-29.738 Y37.784 X28.368 Y46.5 X-29.738 X10.852 Y29.984 G2 X13.103 Y29.068 I-.037 J0 G1 Z-20. G4 P.5 G0 Z10. X17.16 G1 Z-20...	G1 Z-20. G4 P.5 G0 Z10. X-17.191 Y.431 G1 Z-20. G4 P.5 G0 Z10. X-.037 Y0. G1 Z-20. G4 P.5 G0 Z10. X17.118 Y-.431 G1 Z-20. G4 P.5 G0 Z10. G4 P.5 G0 Z10. M5 M30
--	--

Mecanizado de la pieza en el VMC 800 BRIDGEPORT

Para efectuar el mecanizado de la pieza de trabajo en el centro de mecanizado vertical VMC 800 Bridgeport, primeramente se realiza el ajuste inicial conforme lo indicado en la práctica No.2 “Operación y funcionamiento”, en su apartado correspondiente al procedimiento de trabajo.

Se desde seguir las indicaciones desde el encendido de la máquina, el montaje de la herramienta y cero de la pieza, el ingreso de los códigos en el centro de mecanizado, el desarrollo del proceso, hasta el apagado de la máquina.

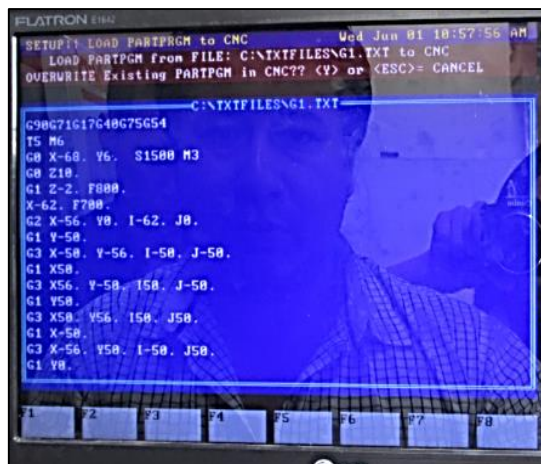
En correspondencia con el párrafo anterior, para el presente caso se deberán seguir las siguientes consideraciones particulares:

Ubicar el bloque a mecanizar en la mordaza, encerar los ejes.

Montar la herramienta que corresponda al centro de mecanizado.



Realizar la recepción de códigos desde el programa hacia el centro de mecanizado.



Pulsar el botón de inicio para que inicie el ciclo de mecanizado del programa.

En esta operación de mecanizado la fresa plana #12 se encarga de realizar todos los detalles según el diseño deseado.





La broca realiza la operación de taladrado en todos los agujeros requeridos por el diseño.



Una vez terminada la pieza retirar con cuidado de la mordaza y procurando que la máquina no esté ejecutando alguna operación. Revisar el resultado;; **Resultado**



4.19.11 *Informe de la práctica*

Título de la práctica

Integrantes

Objetivos

Instrumentos y equipos

Normas de seguridad

Planos

Descripción de la práctica

Análisis de resultados

Conclusiones y recomendaciones

Bibliografía

Anexos

MANUAL DE OPERACIONES BÁSICAS DEL CENTRO DE MECANIZADO CNC BRIDGEPORT

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



GUÍA PRÁCTICA No.9

4.20 *Guía Práctica No.9*

4.20.1 *Tema.* Mecanizado complejo.

4.20.2 *Equipo Técnico*

- Responsable:

El responsable de dirigir la práctica será el Ing. Ángel Guamán.

- Participantes:

Estudiantes de la asignatura de CAD/CAM, se conformarán grupos de trabajo de cuatro o cinco estudiantes, para que operen el centro de mecanizado de forma simultánea.

4.20.3 *Objetivo General.* Realizar el diseño, programación, simulación y mecanizado de una pieza compleja.

4.20.4 *Objetivos Específicos*

- Realizar el diseño, programación y simulación de la pieza a mecanizar en el software SIEMENS NX10.
- Mecanizar la pieza en el centro de mecanizado BRIDGEPORT VMC 800.
- Conocer todos los parámetros a seguir para realizar la operación de mecanizado.

4.20.5 *Método*

- Diseño y aplicación del programa del ciclo de mecanizado.
- Preparación de la máquina para la aplicación del programa diseñado.

4.20.6 *Instrumentos y equipos*

- Centro de mecanizado BRIDGEPORT VMC 800.
- Bloque de madera 200 x 200 x 10 mm.
- Entenalla.
- Buscador de centros.



- Calibrador.



- Herramienta de grabado.



- Fresa plana #4.



4.20.7 *Normas de seguridad*

Se cumplirán estrictamente las normas de seguridad indicadas en la guía práctica No.1 “Introducción, partes principales, especificaciones técnicas y seguridades del Centro de Mecanizado Vertical”, en lo correspondiente a las medidas de prevención generales, a las medidas de protección, a la indumentaria de trabajo, a la operación y mantenimiento del centro de mecanizado.

4.20.8 *Consideraciones Teóricas*

Generalidades. El mecanizado de un diseño complejo consiste en realizar todas las actividades descritas en las prácticas anteriormente mencionadas como mecanizado de contornos, superficies, delineado y circular para obtener una pieza de un diseño complejo.

La estructura de un programa para este mecanizado está constituido por una serie de secuencias y funciones donde se van programando las tareas que debe realizar la máquina de acuerdo con los parámetros de la pieza y las condiciones tecnológicas de su mecanizado.

Antes de empezar un programa de mecanizado se tiene que conocer apropiadamente el mecanizado a realizarse y las dimensiones así como las características del material de partida. Con estos conocimientos previos, se establece el sistema de fijación de la pieza, las condiciones en cuanto a velocidad de corte, avance y numero de pasadas.

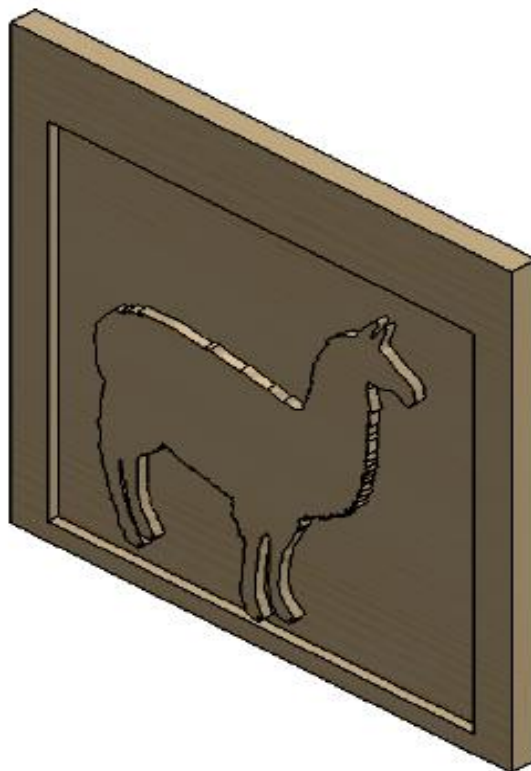
4.20.9 *Procedimiento*

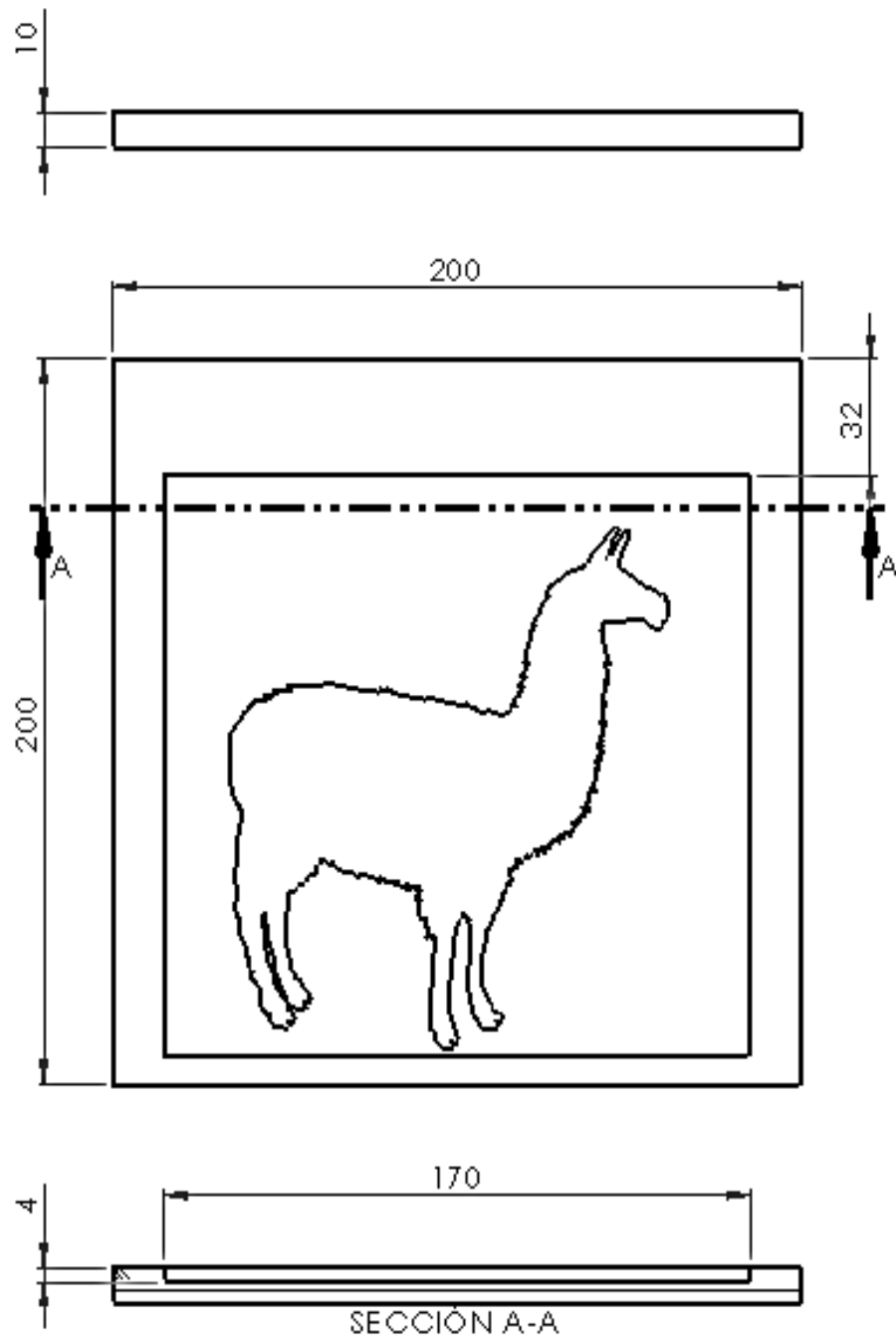
1. Diseñar el programa a mecanizar en el software SIEMENS NX10.
2. Utilizar obligatoriamente los equipos de protección personal y respetar las normas de seguridad dentro del laboratorio.
3. Encender el centro de mecanizado (ver procedimiento de la práctica No. 2).
4. Configurar el cero pieza (ver procedimiento de la práctica No. 2).

5. Comprobar que la pieza y herramienta de trabajo estén posicionadas adecuadamente y firmemente sujetadas.
6. Realizar la recepción de la programación en el centro de mecanizado (ver procedimiento de la práctica No. 2).
7. Ejecutar el programa para que la máquina realice el mecanizado correspondiente.
8. Una vez terminada la operación retirar el elemento maquinado.
9. Apagar la máquina.
10. Realizar la limpieza general del centro de mecanizado.

4.20.10 *Ejemplo de aplicación*

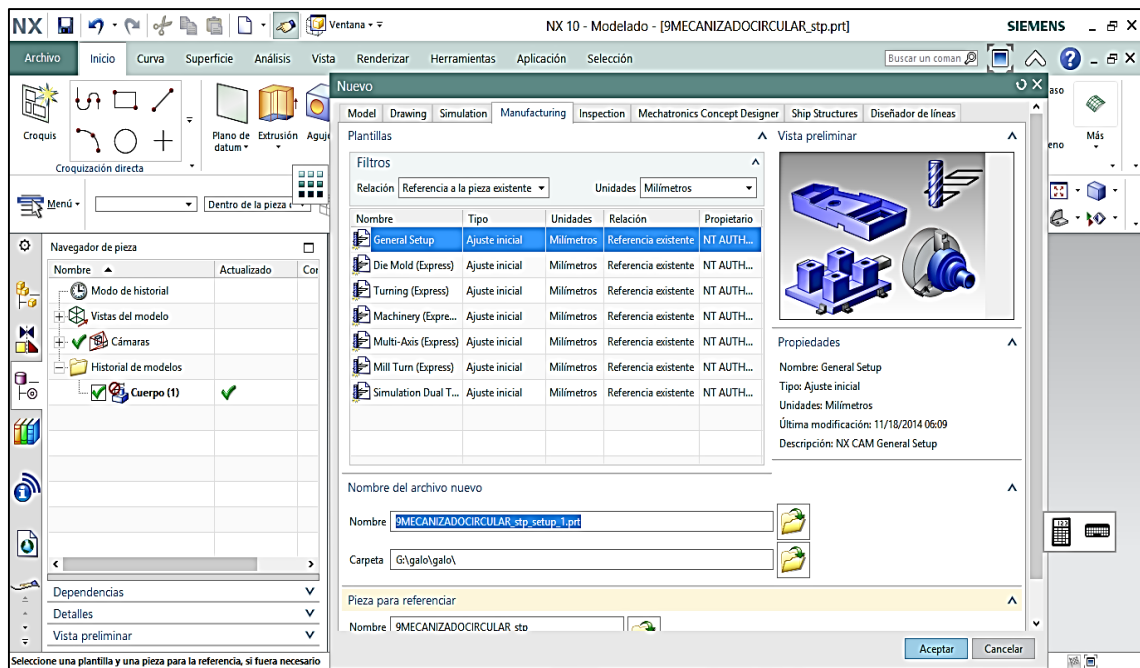
Modelado CAD





Modelado CAM en el software Siemens NX 10

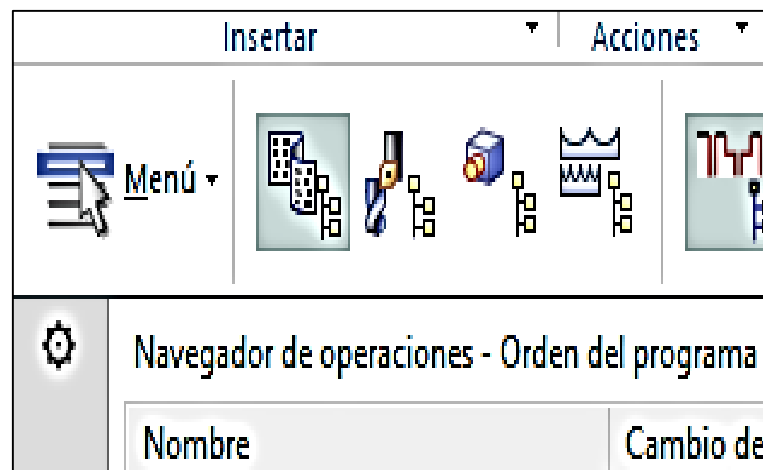
Para la operación de mecanizado es necesario trasladarse del espacio de modelado al espacio de manufactura en NX. Se realiza dando clic el archivo ubicado en la esquina superior izquierda seleccionando nuevo y se desglosa una serie de operaciones, con un clic en manufactura selecciona la máquina por defecto y se elige la carpeta en la que se desea guardar la programación que tendrá una extensión.



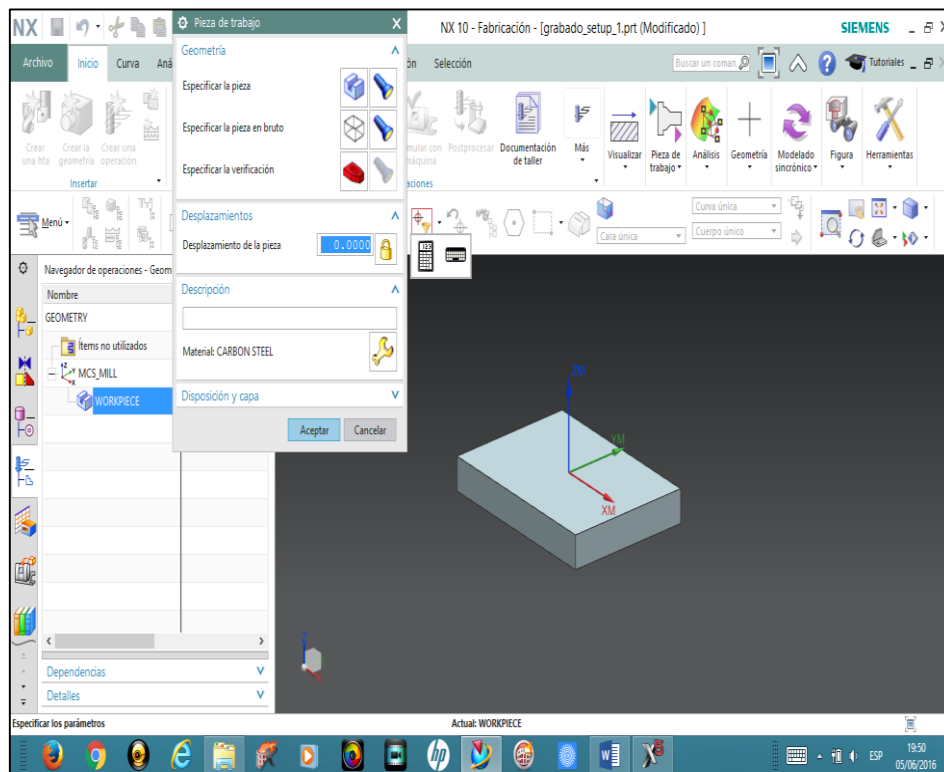
Con la pieza en el espacio de trabajo se procede a determinar el cero pieza y la geometría del material en bruto. En la parte superior del navegador de operaciones se encuentran cuatro opciones:

- Vista de orden del programa.
- Vista de la máquina herramienta.
- Vista de la geometría.
- Vista del orden de maquinado.

Seleccionar vista de geometría.



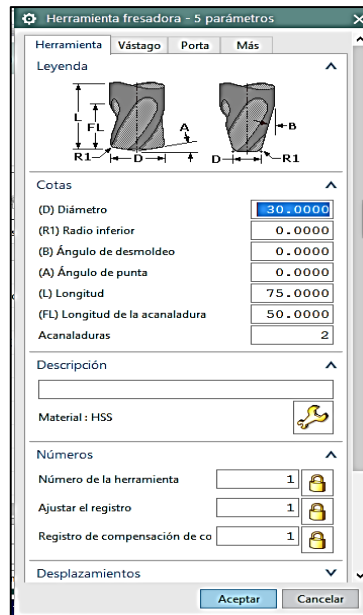
En vista de geometría se agrega la pieza a mecanizar y el material en bruto.



Con los parámetros determinados se procede a crear los diferentes tipos de herramientas a utilizar. Con la operación de crear herramienta, se elige el tipo de herramienta de acuerdo al tipo de necesidad y se coloca en el porta herramientas que va estar ubicado.

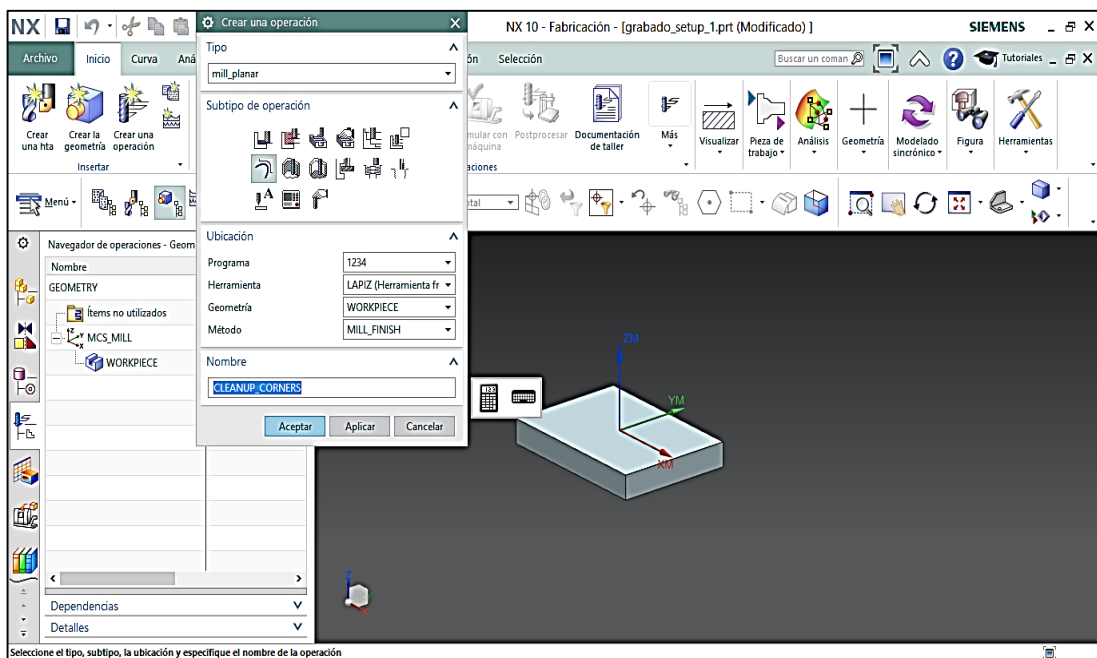


Asignado el nombre y el tipo de herramienta se abre un cuadro de diálogo en el que indica la geometría de la herramienta.



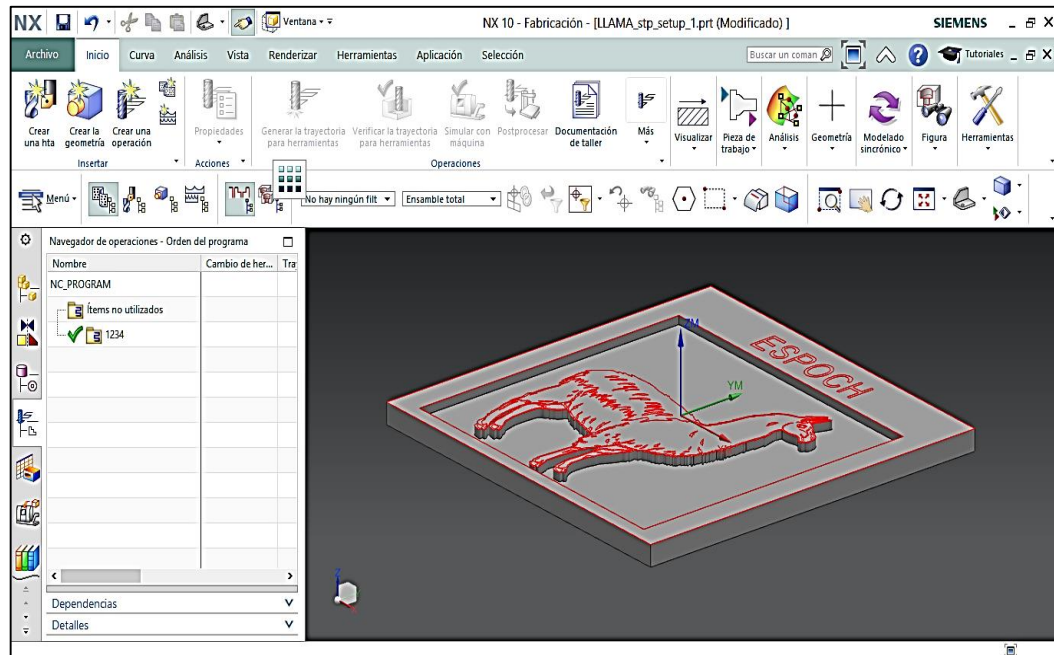
Con las herramientas listas se procede a crear la programación con el ícono crear operaciones, es necesario tener claro las estrategias de mecanizado.

Dentro de esta ventana se encuentran diferentes tipos de estrategias de mecanizado para este caso se comienza utilizando un planeado de las superficies utilizamos Mill_planear



Para realizar el grabado de letras en NX es necesario crear notas para que la herramienta siga la periferia de las letras a mecanizar.

Simulación del proceso de mecanizado



Generación de los códigos de programación

G90 G71 G40 G75 G54	...X-41.629 Y-83.217
T1 M6	X-40.973 Y-82.724
G0 X-45.462 Y-87.5 S1500 M3	X-40.379 Y-82.082
G43 H1 Z10.	X-40.15 Y-81.715
G1 Z-1. F800.	X-12.54
X-11.332 F700.	X-12.549 Y-81.617
X-11.492 Y-87.23	X-12.569 Y-81.294
X-11.71 Y-86.759	X-12.577 Y-80.935
X-11.872 Y-86.304	X-12.573 Y-80.568
X-11.985 Y-85.871	X-12.556 Y-80.198
X-12.06 Y-85.468	X-12.529 Y-79.818
X-12.105 Y-85.095	X-12.492 Y-79.415
X-12.129 Y-84.755	X-12.445 Y-78.955
X-12.134 Y-84.607	X-12.433 Y-78.823
X-42.959	X-38.183
X-42.822 Y-84.333	X-38.144 Y-78.718
X-42.617 Y-83.674	X-38.018 Y-78.271
X-42.289 Y-83.56	X-37.93 Y-77.727
X-37.907 Y-77.327	G1 Z-.5 F700.
X-37.908 Y-77.028	X34.633 F600.
X-37.924 Y-76.75	Y74.455
X-37.954 Y-76.475	X36.154
X-38.002 Y-76.183	Y89.455

X-38.056 Y-75.93	X34.633
X-12.221	Y83.368
X-12.174 Y-75.282	X28.111
X-43.464	Y89.455
X-43.566 Y-67.17	X26.589
X-43.61 Y-67.134	Y74.455
X-43.625 Y-67.1	X28.111
X-43.636 Y-67.073	Y81.629
G0 Z9.5	G0 Z10.
Z10.	M5
X28.111 Y81.629	M30
Z6...	

Mecanizado de la pieza en el VMC 800 BRIDGEPORT

Para efectuar el mecanizado de la pieza de trabajo en el centro de mecanizado vertical VMC 800 Bridgeport, primeramente se realiza el ajuste inicial conforme lo indicado en la práctica No.2 “Operación y funcionamiento”, en su apartado correspondiente al procedimiento de trabajo. Se debe seguir las indicaciones desde el encendido de la máquina, el montaje de la herramienta y cero de la pieza, el ingreso de los códigos en el centro de mecanizado, el desarrollo del proceso de mecanizado, hasta el apagado de la máquina.

En correspondencia con el párrafo anterior, para el presente caso se deberán seguir las siguientes consideraciones particulares:

Ubicar el bloque a mecanizar en la mordaza, encerar los ejes.

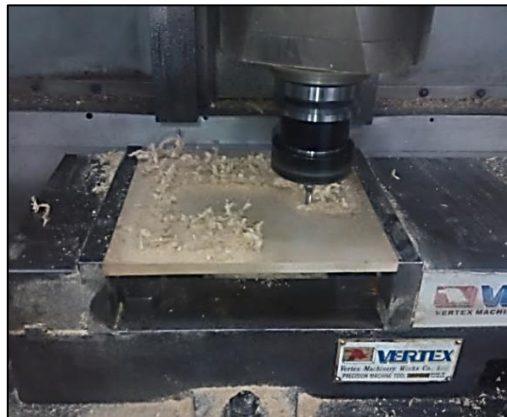
Montar la herramienta que corresponda al centro de mecanizado.



Realizar la recepción de códigos desde el programa hacia el centro de mecanizado.



Pulsar el botón de inicio para que inicie el ciclo de mecanizado del programa. Para esta operación la fresa plana #4 realiza el proceso de vaciado alrededor del diseño en este caso la llama.



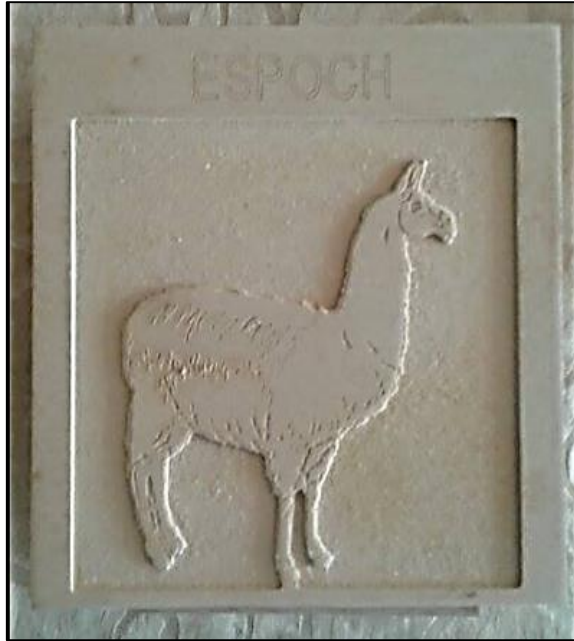
Con la herramienta de grabado se da la operación de delineado de superficies para dar la forma en el interior y exterior de la llama resultando el diseño deseado.



Una vez terminada la pieza retirar con cuidado de la mordaza y procurando que la máquina no esté ejecutando alguna operación.

Revisar el resultado.

Resultado



4.20.11 *Informe de la práctica*

Título de la práctica

Integrantes

Objetivos

Instrumentos y equipos

Normas de seguridad

Planos

Descripción de la práctica

Análisis de resultados

Conclusiones y recomendaciones

Bibliografía

Anexos

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se describió y detalló todas sus partes y se determinó que el Centro de Mecanizado Vertical VMC 800 BRIDGEPORT puede realizar mecanizados en 2, 2½ y 3 dimensiones, además nos permite tener mejor precisión, reducción de residuos, disminuye el contacto hombre máquina por lo que da mayor seguridad al operario.
- Se definieron las prácticas que contengan los conocimientos necesarios para que los estudiantes puedan realizar procesos de mecanizado más complejos, considerando las normas de seguridad y las especificaciones técnicas del centro de mecanizado.
- Se elaboraron nueve guías prácticas, en cada una se estableció el equipo técnico encargado, el método seguido, los instrumentos y equipos, las normas de seguridad, las consideraciones teóricas, el procedimiento de trabajo, un ejemplo de aplicación y el contenido del informe a elaborar el estudiante.

5.2 Recomendaciones

- Leer y familiarizarse con el manual de usuario del Centro de Mecanizado Vertical CNC VMC 800 BRIDGEPORT, con las guías No.1 y 2, antes de operar la máquina.
- Conocer y aplicar todas las normas de seguridad, conforme lo detallado en las guías prácticas para minimizar errores en las operaciones de diseño y mecanizado.
- Desarrollar prácticas adicionales que contengan situaciones más complejas, desafiando al intelecto de los estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

CASILLAS, ARCADIO L. *Máquinas. Cálculos de taller.* 4ª ed. España: Paperback, 2008. pp. 595-600.

DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ, Felipe. *Programación automática de máquinas CNC.* [En línea]. México: 2008 [Consulta: 15 de Mayo de 2016]. Disponible en:

[http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/master_cam.pdf]

DIN 66025. *Letras para las funciones programables de las máquinas de control numérico.* 1972. pp. 3.

GARCÍA BERCEDO, Raúl; et al. *Tecnología Mecánica.* 1ª ed. Bilbao: Argitaipen Zerbitzua., 2013. p 151.

GREGOR, T., Hill, M. C. & Backer. *Procesos básicos de manufactura.* España: Alfaomega, 2001. pp. 97

Grover, M. *Centro de mecanizado.* [en línea], 2007. [Consulta: 20 de Junio de 2016]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Centro_de_mecanizado#Plataformas_de_Stewart].

INSHT. 1989. *NTP 235. Medidas de seguridad en máquinas. Criterios de selección.* 1989. p 2.

INSHT. 1991. *NTP 317. Fluidos de corte. Criterios de control de riesgos higiénicos.* 1991. pp. 6-7.

JENSEN, CECIL, HELSEL, JAY & SHORT, DENNIS R. *Dibujo y Diseño en Ingeniería.* 6ª ed. McGraw-Hill, 2010. p 19.

Labs. Control Numérico por Computadora (CNC). [en línea] 2008. [Citado el: 25 de Marzo de 2013]. Disponible en: [<http://dim.tol.itesm.mx/labs/lim/cnc.pdf>].

LARBURU ARRIZABALAGA, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas, máquinas y herramientas.* Madrid : Paraninfo. T, 2001. pp. 489, 493

UniMachines. *Centro de mecanizado vertical CNC BRIDGEPORT VMC 800* [en línea] 2015. [Consulta: 10 de Julio de 2016]. Disponible en : [<http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&c>

ad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjlvfnx3KzKAhVEqx4KHdSkB5QQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fanimachines.com.ar%2Fcentro-de-mecanizado-vertical-cnc-bridgeport-vmc-800-1997-7917.pdf&usg=AFQjCNFHri7LuS]

Universidad Nacional de La Plata. *Programación de Control Numérico ISO STANDARD Código G.* [en línea] 2011. [Consulta: 12 de Julio de 2016]. Disponible en: [<http://www.gulmi.com.ar/iso.pdf>].

DIANA MARCELA, Mendieta Espinosa. *Manual de prácticas básicas del centro de mecanizado vertical CNC HAAS F2* [en línea] (tesis). Universidad Tecnológica De Pereira, Colombia 2013. pp. 9-15. [Consulta: 27-07-2016] Disponible en: [<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/3887/1/670427M538.pdf>].

BORAGAY AGUIRRE, Mayra Daniela & ROBAYO TIPÁN, Diana Carolina. *Implementación de prácticas para la obtención de elementos maquinados en el centro de mecanizado con control numérico computarizado de la facultad de ingeniería mecánica.* [en línea] (tesis). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador 2011. pp. 85-112. [Consulta: 20-07-2016]. Disponible en: [<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4042/1/CD-3795.pdf>]

Fagorautomation: *Sistemas de control numérico.* [en línea]. España, 2016. [Consulta: 23 de Julio de 2016]. Disponible en: [<http://www.fagorautomation.com>].

Procesos de fabricación: *Operaciones de fresado* [en línea]. España, 2016. [Consulta: 23 de Julio de 2016]. Disponible en: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/sistemas-de-produccion-y-fabricacion/material-de-clase-1/TEMA-2>.